



Universidad Carlos III de Madrid

Escuela Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

**Análisis y procesos previos para la
implantación de un módulo MRP de
SAP en una empresa aeronáutica**

Grado en ingeniería en tecnologías industriales

Tutor: Francisco Antonio Rivera Riquelme

24/09/2014

Nombre y apellidos	
Judit Maria Nieto Ortego	



Agradecimientos

Con este proyecto llegan a su fin cuatro años de mucho esfuerzo y dedicación que han representado un gran crecimiento personal y profesional. Desde que comencé el grado hasta el momento actual, muchos han sido los momentos de los que he aprendido, tanto gratificantes como duros, pero todos aportándome nuevas experiencias y perspectivas.

En este camino que parece tan largo pero que en realidad ha transcurrido muy rápido, siempre ha estado una persona muy especial presente, mi madre. Cada día con pequeños gestos de cariño me ha apoyado en este camino como en tantos otros de mi vida, haciendo suyos mis problemas y mis éxitos.

Debo decir que gracias a ella he conseguido llegar hasta aquí, y por eso quiero darle las gracias, gracias por sacrificarte para darme la educación que tu no pudiste tener, por todos los valores y enseñanzas de vida que me das en el día a día, en definitiva gracias por tanto.

Quiero agradecer también al profesor Francisco Rivera Riquelme su amabilidad, y orientación en la realización de este Proyecto Fin de Grado.

Índice general

Agradecimientos	2
Índice general	3
Lista de figuras	7
Lista de Tablas.....	12
1. Introducción	13
1.1 Antecedentes y motivación	13
1.2 Objetivos	14
1.3 Cronología	15
1.4 Esquema de la memoria.....	17
2. Industria aeronáutica.....	18
2.1 Evolución.....	18
2.2 Globalización del mercado	21
2.3 La integración en la cadena de suministro como principal valor añadido	24
Situación actual	24
Situación futura	27
3. Presentación de la empresa.....	30
3.1 Descripción de la empresa y su evolución histórica.....	30
3.2 Estructura organizativa.....	35
3.3 Descripción del proceso productivo	37
3.4 Visión de futuro	42
4. Justificación del proyecto	44
4.1 Situación inicial	44
4.2 Por qué organizar la producción mediante un sistema MRP II	46
4.3 Software.....	51
5. Planificación inicial del proyecto	54
6. Análisis de los problemas de la empresa	58
6.1 Problemas organizativos.....	61
Modo de trabajo.....	61
Ineficiencias.....	61
Relación empresa-empleado.....	63



6.2 Problemas de Inventarios	63
6.3 Problemas en la gestión de la materia prima	64
7. Propuesta de soluciones	67
7.1 Cultura organizativa	67
7.2 Inventarios	68
7.3 Gestión de Materia prima	69
8. Diseño y desarrollo de soluciones	70
8.1 Estudio del funcionamiento y estado del programa	70
8.2 Definición de soluciones	72
Gestión de la materia prima de compras	72
Planificación integral de la producción	73
Gestión combinada de la materia prima	74
Planificación de la materia prima de cliente.....	77
9. Ensayo de las soluciones desarrolladas	78
Primera simulación.....	80
Definición del problema	80
Elaboración del modelo de simulación y especificación de valores de variables y parámetros	80
Ejecución de la simulación	90
Evaluación de los resultados	96
Validación de los resultados	100
Segunda simulación.....	101
Definición del problema	101
Ejecución de la simulación	104
Evaluación de los resultados	104
Tercera simulación	105
Elaboración del modelo de simulación.....	105
Ejecución de la simulación	109
Evaluación y validación de los resultados	112
10. Desarrollo de un modo de actuación	114
10.1 Parametrización	115



1. Creación de los artículos padre (artículos finales) y de todos los artículos hijos (componentes y materias primas) involucrados	115
2. Creación de calendarios para cada recurso estableciendo:	116
3. Incorporación de la lista de recursos existentes junto con:	116
4. Incorporación de los utillajes necesarios para la producción del artículo padre en la base de datos de utillajes.	116
5. Creación de las rutas incorporando:	116
6. Creación de la lista de materiales (componentes, montajes, o tratamientos externos) incluyendo:	117
10.2 Pedidos de cliente	117
10.3 Cálculo de la planificación	117
10.4 Propuestas automáticas	118
10.5 Toma de decisiones	118
11. Presentación ante los departamentos	119
12. Plan de implantación previo	120
13. Fases iniciales de la implantación	126
13.1 Elaboración de documentación y equipos de trabajo y puesta en común con los diferentes departamentos	126
13.2 Centralización de la información de primera prioridad	128
13.3 Datos maestros generales	128
1. Materia prima	129
2. Unidades de medida	129
3. Calendarios y horarios	130
4. Recursos	131
5. Utillajes	134
13.4 Datos maestros específicos a cada producto	135
Estructuras de artículos	135
Características básicas de artículo	137
14. Dificultades de implantación en un sistema real	138
15. Plan de medidas complementarias	143



15.1 Activación del sistema APS	143
15.2 Instalación de sistemas de captura de datos.....	145
15.3 Habilitación de acceso remoto para los clientes	147
Sistema de Pedidos Online	149
Control de Stock Online	149
Facturas Online.....	149
15.4 Incorporación de la aplicación Intercompany	150
16. Conclusiones	153
Análisis de la empresa	153
Propuesta de soluciones.....	155
Diseño y desarrollo de soluciones	155
Ensayo de las soluciones desarrolladas.....	156
Desarrollo de un modo de actuación para la implantación y presentación ante los departamentos.....	156
Fases iniciales.....	157
Logro de objetivos.....	157
Bibliografía.....	161
Apéndice A – Mapa de procesos	163
Apéndice B – Primera simulación	164
Planos y listas de partes	164
Datos relativos a los ocho artículos empleados en la primera simulación.	170
Documentos generados en la primera simulación	173
Apéndice C – Tercera simulación	176
Planos y listas de partes	176
Documentos generados.....	178
Programación de los recursos e informa de carga	181

Índice de Figuras

Ilustración 1: Diagrama de Gantt del Proyecto (Fuente: Elaboración propia).	16
Ilustración 2: Tráfico Global de las aerolíneas entre 1981 y 2012 [1].	18
Ilustración 3: Comparación de la evolución del crecimiento del PIB mundial con el crecimiento del tráfico aéreo [3].	19
Ilustración 4: Pronóstico para la demanda de aeronaves por tamaño de 2013 a 2032 [5].	20
Ilustración 5: Producción de aeronaves por sectores de mercado en función de la tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) en el periodo 2011-2021 [7].	20
Ilustración 6: Previsión de la producción del mercado civil de aeronaves en el periodo 2010-2029 [3].	21
Ilustración 7: Globalización del sector Aeronáutico [7].	22
Ilustración 8: Cadena de suministro del sector aeroespacial [11].	24
Ilustración 9: Integración de sistemas en la línea 787 Dreamliner de Boeing [7].	28
Ilustración 10: Pieza de aluminio mecanizada con máquina de 5 ejes de alta velocidad [19].	31
Ilustración 11: Máquina de medición por coordenadas propiedad de la empresa en estudio [19].	31
Ilustración 12: Lista de procesos especiales certificados de la sociedad de estudio [19].	32
Ilustración 13: Subconjunto producido por la empresa de estudio [19].	33
Ilustración 14: Mapa de relaciones entre las empresas del grupo en estudio (Fuente: Elaboración propia).	35
Ilustración 15: Organigrama de la empresa en estudio (Fuente: elaboración propia).	36
Ilustración 16: Gestión de no conformidades [20].	41
Ilustración 17: Historia y previsión de crecimiento para la organización de estudio en términos de facturación [19].	42
Ilustración 18: Hoja de Excel para el seguimiento de la producción [24].	45
Ilustración 19: Pedido de compra de materia prima [24].	45
Ilustración 20: Panorámica de los elementos que componen un programa estándar de requerimientos de material y los informes que genera[10].	46
Ilustración 21: Lista de materiales [10].	47
Ilustración 22: Codificación de nivel inferior[10].	47
Ilustración 23: Esquema de ejecución del MRP II [28].	49
Ilustración 24: SAP Business One, un sistema integrado para la gestión empresarial [35].	52
Ilustración 25: SAP Business One y los módulos Be.as [37].	53
Ilustración 26: Resumen de las fases e hitos con fechas de comienzo y fin para las fases previas a la implantación del sistema MRP (Fuente: Elaboración Propia).	55



Ilustración 27: Gráfico Gantt del plan inicial de la fase de pre-implantación del sistema MRP (Fuente: Elaboración Propia).	56
Ilustración 28: Árbol de problemas para la identificar las fuentes principales de problemas de la organización de estudio (Fuente: Elaboración Propia).	60
Ilustración 29: Ejemplos de órdenes de producción.	71
Ilustración 30: Enlace entre productos finales y la materia prima.	75
Ilustración 31: Modelo de situación a resolver por la solución planteada.	77
Ilustración 32: Fases principales de un estudio de simulación [10].	79
Ilustración 33: Calendarios modelo para los recursos.	83
Ilustración 34: Lista de recursos.	84
Ilustración 35: Hoja de ruta del artículo de montaje 999-V2158351320100, Act Rear Fitting Assy.	85
Ilustración 36: Hoja de ruta de la pieza 999-V2158351320100-E, Act Rear Fitting.	85
Ilustración 37: Hoja de ruta del eje mecanizado 999-V215831320000.	86
Ilustración 38: Lista de materiales del artículo de montaje 999-V2158351320100.	87
Ilustración 39: Lista de materiales de la pieza 999-V2158351320100-E.	87
Ilustración 40: Lista de materiales del eje mecanizado 999-V215831320000.	87
Ilustración 41: Estructura del artículo de montaje 999-V2158351320100 tras la parametrización.	88
Ilustración 42: Estructura del eje mecanizado 999-V215831320000 tras la parametrización.	89
Ilustración 43: Escenario para la ejecución de la simulación.	90
Ilustración 44: Resultados del cálculo MRP.	91
Ilustración 45: Propuesta automática de orden de producción generada por el sistema MRP.	93
Ilustración 46: Recomendación de compra de materia prima generada por el MRP.	94
Ilustración 47: Recomendación de compra de materia prima actualizada por el MRP.	94
Ilustración 48: Modelo de propuesta de pedido de compra de materia prima.	95
Ilustración 49: Modelo de propuesta de pedido de subcontratación de tratamientos superficiales.	95
Ilustración 50: Necesidades actualizadas tras la planificación de todas las necesidades y la producción.	96
Ilustración 51: Orden de producción con la planificación de todas las operaciones y necesidades devueltas por el sistema MRP.	97
Ilustración 52: Informe por horas de la ocupación del recurso Sierra de corte.	99
Ilustración 53: Gráfico de carga del artículo Sierra de corte.	100
Ilustración 54: Definición de formatos de materia prima.	101
Ilustración 55: Lista de partes del artículo OS000.	102
Ilustración 56: Campo Matchcode.	102
Ilustración 57: Operaciones de inventario por número de lote.	103

Ilustración 58: Estructura de artículo de los productos OS000 y OS100.	103
Ilustración 59: Pedidos de clientes para los artículos OS000 y OS100.	103
Ilustración 60: Cálculo de las necesidades devuelto por el sistema MRP.	104
Ilustración 61: Cálculo de las necesidades ejecutado por el sistema MRP teniendo en cuenta los formatos.	104
Ilustración 62: Ejemplo de pedido de las necesidades de materia prima por formato. ...	105
Ilustración 63: Hoja de ruta del artículo F533-10266-200-03.	107
Ilustración 64: Lista de materiales del artículo F533-10266-200-03.	108
Ilustración 65: Estructura del artículo F533-10266-200-03.	109
Ilustración 66: Escenario para la ejecución de la simulación.	110
Ilustración 67: Resultados de la planificación de los productos finales devueltos por el sistema MRP.	110
Ilustración 68: Propuesta automática de orden de producción generada por el sistema MRP.	111
Ilustración 69: Propuesta de solicitud a cliente de materia prima automática avisando del pedido múltiple necesario.	112
Ilustración 70: Recomendación de compras de materia prima incluyendo pedido múltiple.	112
Ilustración 71: Orden de producción detallada.	113
Ilustración 72: Procedimiento actuación diseñado para la implementación del módulo Be.as.	114
Ilustración 73: Resumen de las fases e hitos con fechas de comienzo y fin para la implantación del sistema MRP (Fuente: Elaboración Propia).	122
Ilustración 74: Gráfico Gantt del plan de implantación del sistema MRP (Fuente: Elaboración Propia).	123
Ilustración 75: Plan de actuación a partir del primer lanzamiento del sistema MRP Be.as Manufacturing (Fuente: Elaboración Propia).	125
Ilustración 76: Datos maestros de materia prima en Be.as.	129
Ilustración 77: Datos maestros de las Unidades de Medida en Be.as.	129
Ilustración 78: Datos maestros de calendarios de turnos de recursos en Be.as.	130
Ilustración 79: Calendario en Be.as.	131
Ilustración 80: Datos maestros de Recursos en Be.as.	132
Ilustración 81: Parametrización del recurso de Tratamientos Superficiales en Be.as.	133
Ilustración 82: Parametrización del recurso Sierra de corte en Be.as.	133
Ilustración 83: Informe de utilización del calendario de turnos de L-V 11h en Be.as. ...	134
Ilustración 84: Programación manual de la importación de utillajes en Be.as.	134
Ilustración 85: Lista de los primeros utillajes importados correctamente a Be.as.	135
Ilustración 86: Lista de artículos genéricos por cliente de tratamientos finales.	136
Ilustración 87: Efecto río en el caso de estudio.	139



Ilustración 88: Resumen de las fases e hitos con fechas de comienzo y fin reales durante la implantación del sistema MRP (Fuente: Elaboración Propia).....	141
Ilustración 89: Gráfico Gantt del progreso real y cumplimiento del plan inicial de implantación del sistema MRP (Fuente: Elaboración Propia).....	142
Ilustración 90: Visualización de las utilidades gráficas de la funcionalidad APS de Be.as [39].	144
Ilustración 91: Visualización de la funcionalidad de captura de datos por código de barras de Be.as [44].	146
Ilustración 92: Visualización de la funcionalidad POOL de Be.as [44].	147
Ilustración 93: Mapa de transacciones de la organización de estudio (Fuente: Elaboración propia).....	151
Ilustración 94: Cuadro resumen de los beneficios aportados por la solución Intercompany para SAP Business One [47].	152
Ilustración 95: Árbol de problemas para la identificar las fuentes principales de problemas de la organización de estudio (Fuente: Elaboración Propia).	154
Ilustración 96: Procedimiento actuación diseñado para la implementación del módulo Be.as.	156
Ilustración 97: Mapa de procesos de la organización de estudio (Fuente: Elaboración Propia).	163
Ilustración 98: Plano del producto de montaje V2158713000400.	165
Ilustración 99: Plano de la pieza V2158710920400.	166
Ilustración 100: Lista de partes del montaje V2158713000400.	167
Ilustración 101: Lista de partes de la pieza de mecanizado V2158710920400.	168
Ilustración 102: Plano del eje mecanizado 35-21232-0501.....	169
Ilustración 103: Pedido de materia prima de compras generado a partir de las propuestas ofrecidas por el sistema MRP.	173
Ilustración 104: Pedido de subcontratación generado a partir de las propuestas ofrecidas por el sistema MRP.	174
Ilustración 105: Orden de producción generada a partir de las propuestas ofrecidas por el MRP.....	175
Ilustración 106: Plano de artículo de mecanizado fabricado para AIRBUS por OSVIMA F533-10266-200-03.	176
Ilustración 107: Lista de partes del artículo real empleado en la tercera simulación.	177
Ilustración 108: Pedido de compras generado a partir de las propuestas ofrecidas por el sistema MRP.....	178
Ilustración 109: Pedido de subcontratación generado a partir de las propuestas ofrecidas por el sistema MRP.	179
Ilustración 110: Orden de producción generada a partir de las propuestas ofrecidas por el MRP.....	180
Ilustración 111: Informe de ocupación del recurso Sierra de corte.	181



Ilustración 112: Informe de carga del recurso Sierra de Corte.....	182
--	-----



Índice de Tablas

Tabla 1: Ineficiencias en la cadena de suministro actual [7].	26
Tabla 2: Estrategia de actuación del Sector Aeroespacial [7].	29
Tabla 3: Partes de proyectos en los que participa la organización en estudio[19].	34
Tabla 4: Áreas más importantes para la valoración de riesgos según norma POC-03 y responsables de su realización en la empresa de estudio.	38
Tabla 5: Pedidos de cliente.	90
Tabla 6: Horario y eficiencia en función del calendario en la organización en estudio.	130
Tabla 7: Listas de materiales de los productos de primera prioridad.	136
Tabla 8: Matriz de asignación de responsabilidades del plan de implantación (Fuente: Elaboración	140

1. Introducción

1.1 Antecedentes y motivación

Este proyecto se enmarca en el ámbito de una beca académica en una empresa aeronáutica conocida como OSVIMA. La razón que motivó la propuesta de esta beca es la necesidad de la empresa de implantar un sistema de gestión integral de la producción (MRP) incorporando el aprovisionamiento de materiales, la planificación del proceso productivo y la programación de todos los recursos.

Para empezar, la industria aeronáutica está en continuo crecimiento y se espera que esta tendencia se acentúe en los próximos años. Derivado de este hecho, el sector está experimentando una rápida transformación liderada por la globalización que está produciendo el desplazamiento de los centros de gravedad del mercado de los tradicionales centros, Europa y América, hacia los países de la región Asia-Pacífico.

La industria aeronáutica está siendo, por tanto, desafiada tanto por la creciente competencia y las presiones para reducir los costes, así como por los altos precios de la energía. Para hacer frente a estos desafíos, las grandes empresas están haciendo uso de la ventaja surgida a partir de la globalización del mercado y se están adaptando a estos desafíos mediante la creciente subcontratación de elementos tecnológicos, diseño y fabricación o montajes de componentes a los países emergentes.

Para los agentes involucrados en la cadena de suministro, como OSVIMA, es al mismo tiempo una oportunidad y una amenaza. Es una oportunidad para los suministradores que pueden innovar, adoptar altos niveles de tecnología, implementar las mejores prácticas, ofrecer mayor valor añadido e integración de procesos. Estos suministradores podrán lograr llevar grandes proyectos de sus clientes. Sin embargo, aquellos suministradores que no puedan conseguirlo pueden ser expulsados de la cadena de suministro de esas grandes empresas.

En este contexto, OSVIMA ha comenzado un proceso de transformación orientado a la mejora de sus niveles de servicio, mejora de su calidad y aumento de su capacidad para ofrecer servicios cada vez más integrados, dando mayor valor añadido a los productos. En este proceso, la implantación del sistema MRP se sitúa en el centro, con el objetivo de poder diferenciarse y llegar a ser competitivo.

Para la consecución de estos objetivos, el departamento comercial de OSVIMA ofrece una beca para el análisis y desarrollo previo necesario para la implantación de un sistema MRP, empleando para ello el software informático desarrollado por SAP. El conocido y ampliamente extendido software de gestión empresarial será la base donde se integrará el nuevo sistema.

Para desarrollar esta nueva herramienta informática se aprovecha la ventaja que representa disponer desde hace tiempo del software SAP instalado en la empresa. No obstante, el grado de utilización está reducido a las actividades esenciales de la empresa y

1. Introducción

en algunos casos la implantación está incompleta. Por ello, el desarrollo de este sistema integrado en SAP no solo supone una ventaja económica para aprovechar todo el potencial que ofrece dicho programa sino también una oportunidad para lograr su total utilización.

Con este sistema la empresa espera conseguir grandes mejoras en términos de incremento de la productividad industrial y trazabilidad que se verían reflejadas de inmediato en aspectos económicos como: reducción de ineficiencias, errores, detección temprana de fallos, ahorro de tiempo de gestión o centralización de la información entre otros aspectos.

1.2 Objetivos

Los proyectos de planificación y sistemas de control como los consistentes en la implantación de un software MRP son altamente complejos. Este tipo de proyectos comprenden complicadas redes de interrelaciones que involucran en su conjunto a toda la compañía donde se quieren implantar.

Por ello, se precisa un análisis detallado y completo de todas sus áreas para detectar posibles problemas y particularidades. Tras este complejo análisis es necesario buscar soluciones para adaptar la empresa a la filosofía del sistema MRP y posteriormente adaptar el software a los procesos de la empresa. Seguidamente todas las soluciones desarrolladas para la adaptación mutua tienen que ser probadas hasta poder asegurar que los resultados se adecuan satisfactoriamente al problema.

Esto hace que sean procesos largos con duración superior al año y, como norma, requieren soluciones para todo el sistema difíciles de adecuar. Además implican el desarrollo de una metodología de actuación previo a la implantación bien definida que contemple todos los posibles escenarios.

Teniendo en cuenta, así, el alto grado de complejidad de la implantación del sistema y la gran cantidad de procesos necesarios para preparar su puesta en marcha, este proyecto tiene como objetivo principal el análisis y fases previas para la implantación total del sistema MRP en la empresa de estudio, OSVIMA.

1. Introducción

1.3 Cronología

El proyecto análisis y fases previas para la implantación completa del sistema MRP tendrá una duración aproximada de 8 meses. La beca de colaboración comenzó el 3 de febrero de 2014, inicialmente con una duración de 6 meses que fueron ampliados posteriormente a 8 meses, pudiendo completar así el análisis, todas las fases previas e iniciales para su primer lanzamiento, preparando así su futura implantación.

Entre las etapas del proceso que fueron necesarias destacan:

- **Pre-implantación**
 - Adaptación de la empresa a la filosofía MRP.
 - Análisis de los problemas.
 - Propuesta de soluciones.
 - Adecuación del Software a las necesidades de la empresa.
 - Diseño y desarrollo de soluciones.
 - Prueba de las soluciones.
 - Primera simulación.
 - Segunda simulación.
 - Tercera simulación.
 - Definición de un modo de actuación para cada nuevo artículo.
 - Presentación del sistema MRP ante los departamentos.
- **Fases iniciales para el primer lanzamiento**
 - Elaboración de documentación y equipos de trabajo.
 - Reunión con los departamentos.
 - Crear bases de datos maestros generales.
 - Artículos de primera prioridad.
 - Acopio de información.
 - Estructuras.
 - Características de artículo.
 - Recursos, tiempos y utillajes.
 - Migración de la información y comprobación de su exactitud.
 - Características de artículo.
 - Estructuras.
 - Actualización hojas de ruta.
 - Recursos, tiempos y utillajes.

1. Introducción

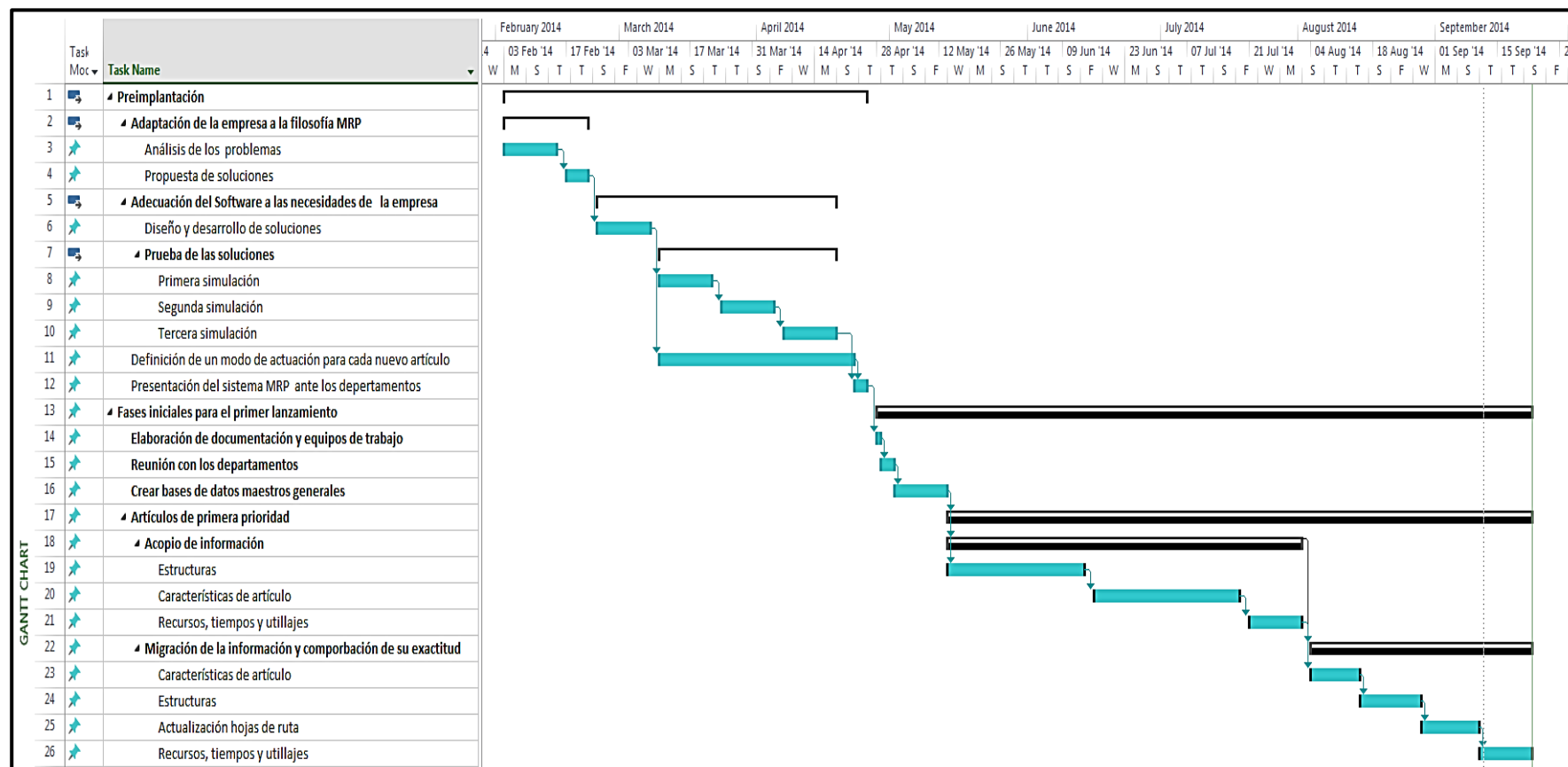


Ilustración 1: Diagrama de Gantt del Proyecto (Fuente: Elaboración propia).

1. Introducción

1.4 Esquema de la memoria

Para facilitar y lograr una mejor comprensión de este Proyecto Fin de Grado, en esta sección se resume brevemente su estructura. La memoria se divide así en cinco grandes bloques, como se describe a continuación.

El primero de estos bloques es el constituido por los capítulos 2, 3 y 4. Este bloque describe detalladamente la situación actual y futura del sector aeronáutico (en el que se enmarca la empresa en estudio), se define también de dónde viene, dónde está y a dónde quiere ir la empresa y se justifica así la implantación del sistema MRP. Todo ello tiene el objetivo de contextualizar la situación de la empresa en el sector para entender mejor porque el sistema en estudio es elegido para hacer frente a los nuevos desafíos y evolucionar.

El segundo bloque, formado por los capítulos 5, 6 y 7, pretende describir la planificación del proyecto consistente en las fases necesarias para preparar la implantación posterior. Asimismo detalla en profundidad el análisis y soluciones desarrolladas para adaptar la empresa a la filosofía MRP.

En tercer bloque, consistente en los capítulos 8, 9, 10 y 11, muestra las fases de diseño y desarrollo de soluciones para adaptar el software MRP a los procesos de la empresa y las simulaciones necesarias para probar su eficacia y adecuación al problema. Además se describe el modo de actuación desarrollado para la posterior implantación y la presentación de los avances ante los departamentos.

El cuarto bloque consta del capítulo 12, 13 y 14. Este bloque contextualiza este Proyecto Fin de Grado dentro del proyecto global de la empresa, la implantación completa del sistema MRP. Por ello, se describen las fases iniciales desarrolladas para la consecución del primer lanzamiento. También, se explica el sobredimensionamiento de los recursos y del tiempo disponible por parte de la empresa que imposibilitará implantar su proyecto en el tiempo que esperaban, debido a las particularidades de los sistemas reales.

El último bloque, formado por el capítulo 15, consiste en el planteamiento de propuestas para complementar el sistema MRP con la ayuda de otros sistemas de apoyo, a partir de los resultados y conclusiones obtenidos en las simulaciones. Estas propuestas tienen como objetivo añadir mejoras para dar una respuesta aún más eficaz a las necesidades de la empresa.

2. Industria aeronáutica

La industria aeronáutica va experimentar en los próximos años una rápida transformación que determinará el futuro de todos los agentes involucrados en ella. En este capítulo se van a mostrar con mayor detalle: en primer lugar, las previsiones de crecimiento para el sector; a continuación, el proceso de globalización del mercado al que dará lugar y finalmente, el presente y futuro de la cadena de suministro como herramienta para hacer frente a un mercado más competitivo.

2.1 Evolución

La era moderna de la industria aeronáutica comenzó hace 110 años, cuando dos hermanos conocidos como los hermanos Wright volaron por primera vez en Diciembre de 1903. A partir de entonces muchos han sido los avances en este sector, desde la aparición del primer sistema de despegue vertical, pasando por la superación de la barrera del sonido y hasta llegar al desarrollo de aviones que transportan hoy millones de pasajeros al año. En la actualidad, la aeronáutica experimenta una época de madurez plena en la cual la innovación y el desarrollo están permitiendo derribar las barreras del tiempo y la distancia. Esta tendencia se estima que se acentúe en los próximos años gracias al incremento de la demanda de vuelos de pasajeros en países emergentes y a la fabricación de nuevas aeronaves que incorporan importantes mejoras técnicas [1].

Por un lado, factores como la mayor disponibilidad de rutas aéreas y un coste más económico de los vuelos han supuesto en el periodo de 1981 a 2012 grandes cambios a nivel global. Entre ellos destaca el aumento de tres factores representados en la Ilustración 1: la demanda de vuelos en un 396% (Curva verde), del número de pasajeros en un 298% (Curva azul oscura) y del porcentaje de utilización de los aviones en un 15.4 % (curva azul clara) [1].

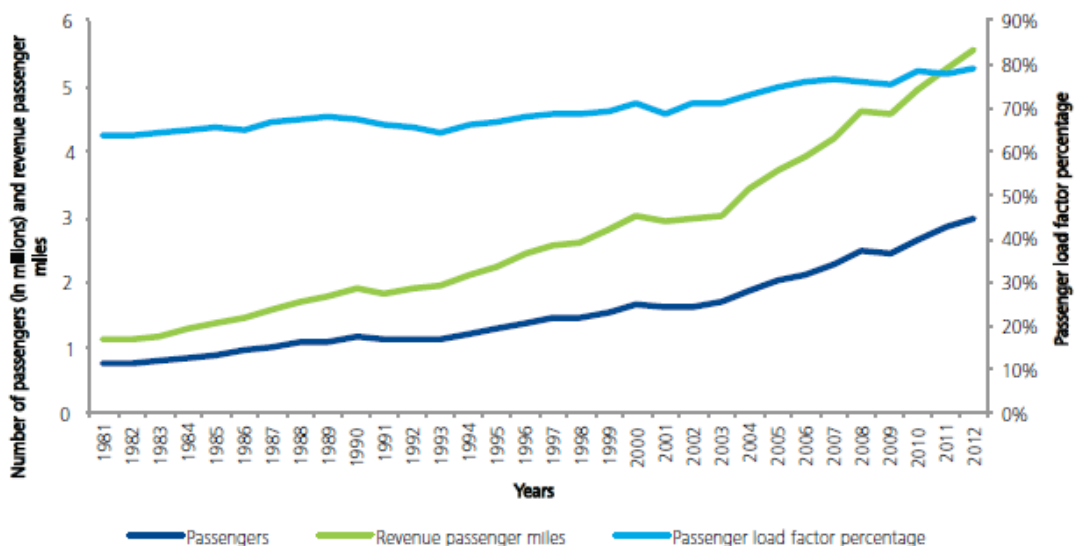


Ilustración 2: Tráfico Global de las aerolíneas entre 1981 y 2012 [1].

2. Industria aeronáutica

En esa línea, se espera que entorno a los próximos 10 años (2014-2023) tenga lugar un aumento de la demanda de un 5 % proveniente de países en crecimiento de Oriente Medio y Asia-Pacífico [1]. Este aumento se puede entender teniendo en cuenta que la evolución de la industria aeronáutica, sobre todo del sector relacionado con el transporte de pasajeros y carga en su versión civil, está estrechamente vinculada con el devenir de la economía de un país o región. De este modo si se observa la Ilustración 3, se puede apreciar el alto grado de similitud entre la tendencia de crecimiento o decrecimiento del PIB mundial y el tráfico aéreo. Este incremento en la demanda cobra aún más relevancia ya que representará una importante contribución al aumento en la producción de aeronaves a lo largo de ese periodo [2].

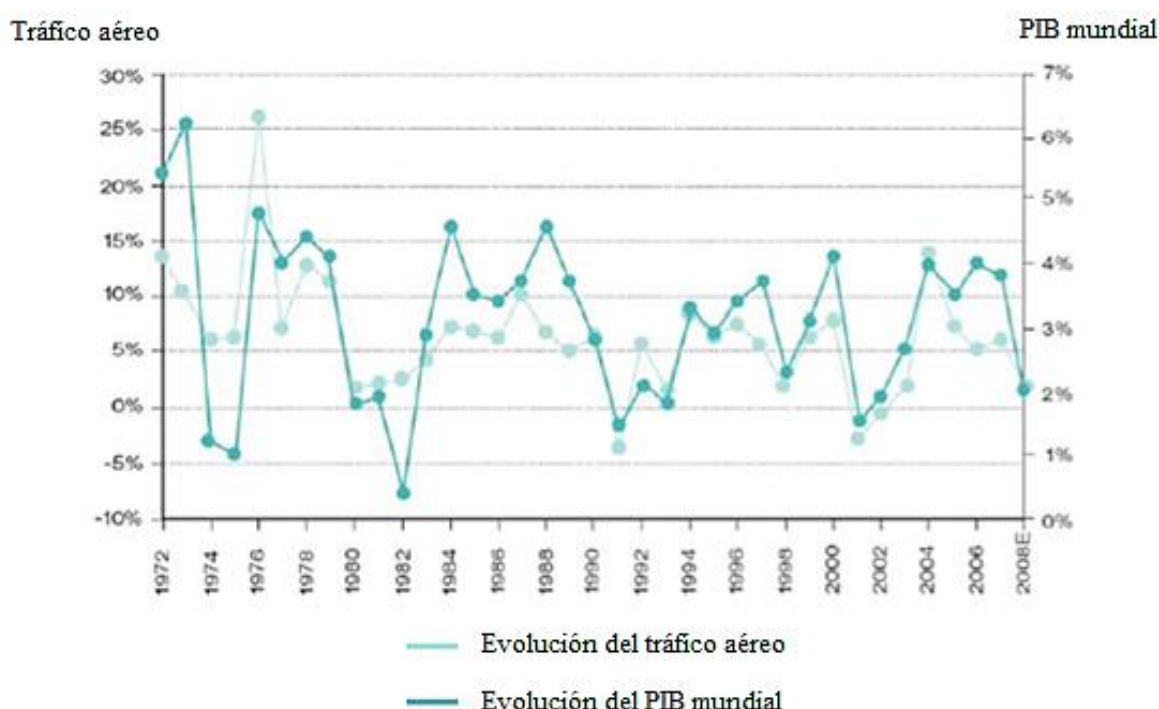


Ilustración 3: Comparación de la evolución del crecimiento del PIB mundial con el crecimiento del tráfico aéreo [3].

Por otro lado, el equipamiento aeronáutico se espera que siga avanzando con mejoras revolucionarias en los sistemas de navegación, en el uso de nuevos materiales como la fibra de carbono y en la eficiencia energética. Este último avance representaría un aumento del 15 % en la relación de combustión del combustible, factor muy atractivo para las aerolíneas, ya que los gastos en combustible representan el 31% de sus costes de operación desde 2001. Además, la nueva generación de aeronaves de consumo eficiente dejaría a las actuales obsoletas, generando la necesidad de reemplazarlas y por consiguiente, aumentando la producción [4].

2. Industria aeronáutica

Sumando ambos efectos, el crecimiento de la demanda en el sector comercial y la necesidad de aviones de mayor eficiencia energética, la producción anual sólo en la próxima década crecería un 25 %. Asimismo la producción total de aeronaves a lo largo de los próximos 20 años alcanzaría alrededor de 35,000 entregas, marcando records históricos como muestra la Ilustración 4 [5]. Derivado de este aumento futuro de las cargas de trabajo y entregas, la facturación del sector y el empleo experimentarían también un crecimiento entorno al 65 % y al 50% respectivamente, a corto plazo [6].

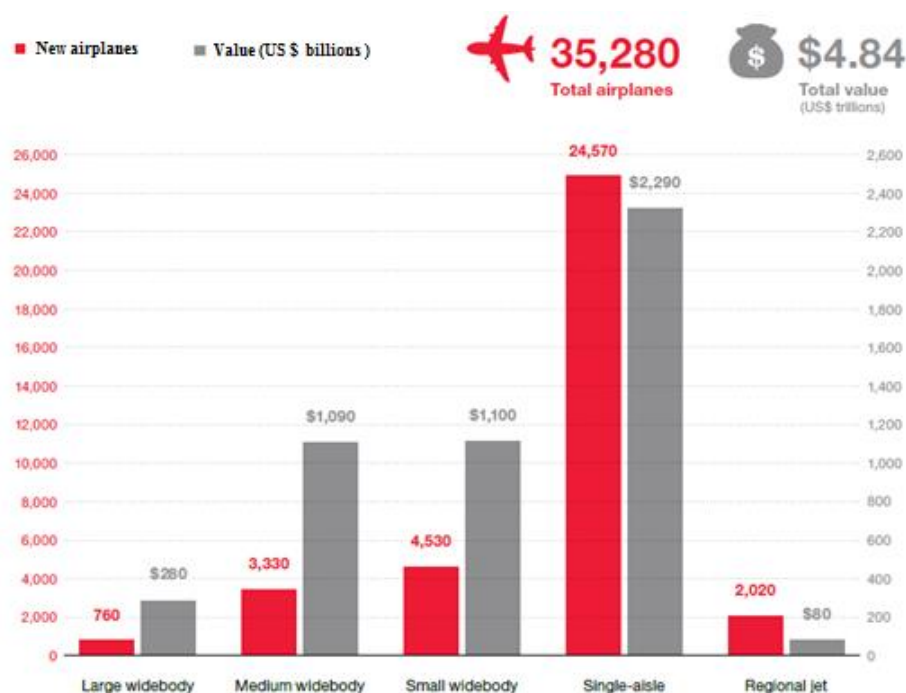


Ilustración 4: Pronóstico para la demanda de aeronaves por tamaño de 2013 a 2032 [5].

En cuanto al sector de defensa, los recortes en los presupuestos supondrán una reducción en la producción del 4.6% de 2011 a 2021, como muestra la Ilustración 5. Por este hecho, la evolución en el sector comercial se convierte en el indicador con mayor impacto para la renovación de flotas [7].

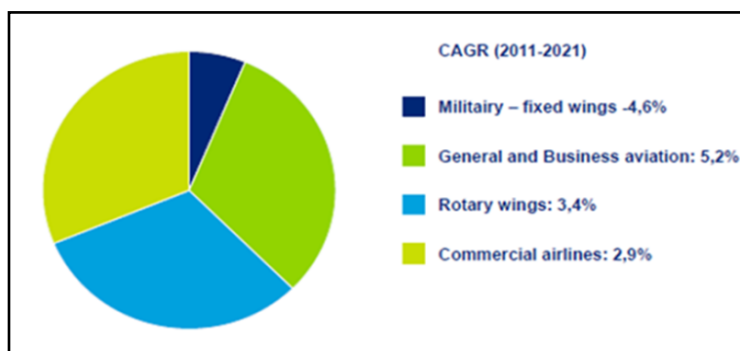


Ilustración 5: Producción de aeronaves por sectores de mercado en función de la tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) en el periodo 2011-2021 [7].

2. Industria aeronáutica

En definitiva, en vista del crecimiento estimado, la industria aeronáutica se espera que presente un proceso de revolución en los próximos años. En esta nueva etapa surgirán tendencias como la incorporación de nuevos competidores a nivel global y retos como una mejor gestión en la Cadena de Suministro y la oferta de mayor valor añadido en los productos por medio de iniciativas como un control más riguroso de la calidad [1]. Todos ellos son factores que jugarán un papel crucial en el desarrollo del sector hacia una industria más rentable, eficiente, fiable y segura.

2.2 Globalización del mercado

En la actualidad, las restricciones financieras existentes en los países emergentes son menos fuertes que en Europa y Estados Unidos, por lo que el sector tiende a desplazarse hacia esos estados para seguir desarrollándose. La apertura económica y el desarrollo demográfico que están experimentando los países de la región Asia-Pacífico serán la clave en los próximos 20 años para que se produzca un cambio en el centro de gravedad del mercado hacia estas regiones, como muestra la Ilustración 6, alejándose de los tradicionales centros, Europa y Estados Unidos [2].

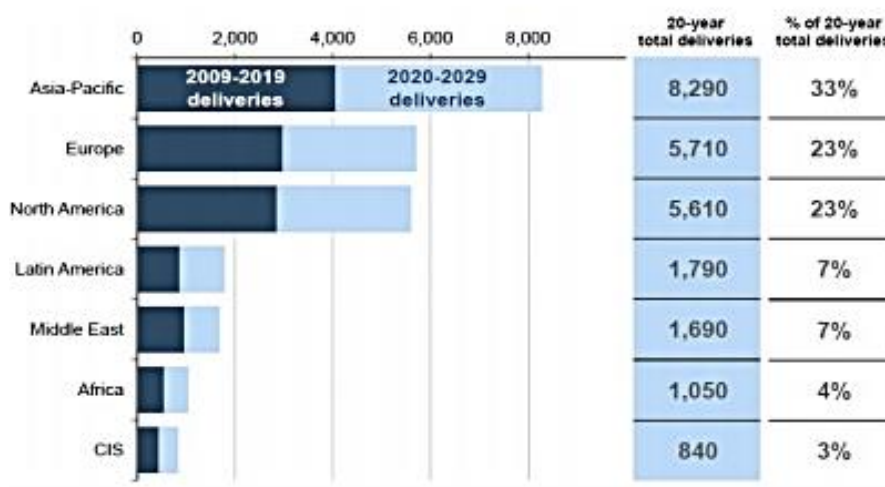


Ilustración 6: Previsión de la producción del mercado civil de aeronaves en el periodo 2010-2029 [3].

En primer lugar, gracias a este desplazamiento, han surgido nuevos constructores (Bombardier en Canadá o Embraer en Brasil) y están empezando a emerger otros nuevos en el área Asia-Pacífico (Comac en China o Hindustan Aeronautics Limited en India) los cuales están entrando en el mercado de los grandes constructores Boeing y Airbus, como se representa en la Ilustración 7 [7]. Este proceso de globalización favorecería que las constructoras ofrecieran sus servicios indistintamente a ambos lados del Atlántico. Además esta creciente variedad de oferta sería una gran oportunidad para las aerolíneas que podrían aprovechar solicitando mejores condiciones en términos de concesiones o reducciones de precios [2]

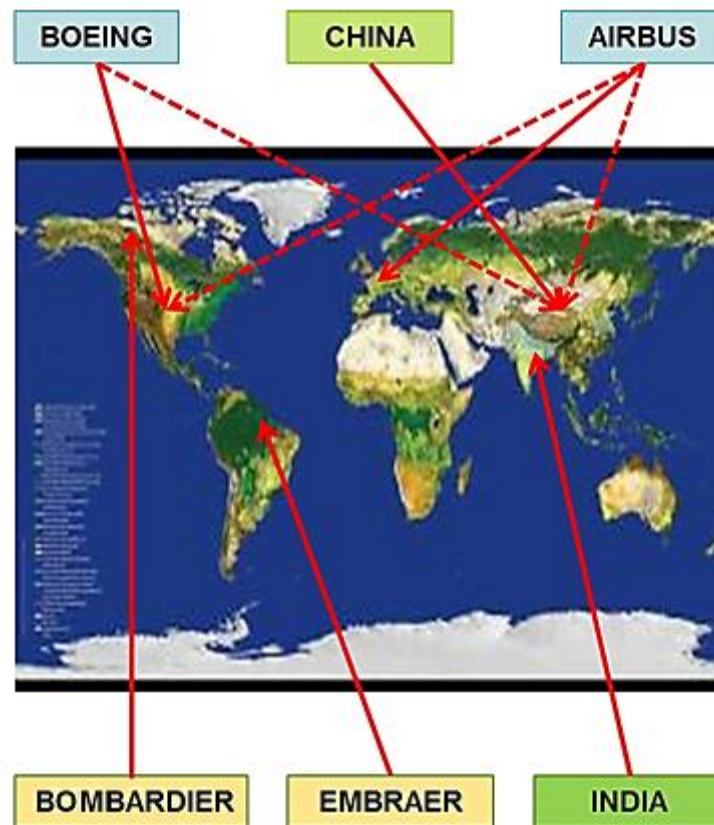


Ilustración 7: Globalización del sector Aeronáutico [7].

En segundo lugar, regiones como el este de Asia (incluyendo India y China), Europa Oriental y Latinoamérica están surgiendo también como emplazamientos donde la mano de obra intensiva puede obtenerse a un coste mucho menor que en Occidente para un producto similar. Asimismo, sus empresas no solo realizan servicios básicos, sino que algunas de ellas llegan a ofrecer servicios de alta complejidad como diseño para ingeniería que varía desde CAD (Diseño asistido por computadora), CAE (análisis con elementos finitos, dinámica de fluidos computacional, simulación y física de vuelo), instalación eléctrica, ingeniería de fabricación, diseño de aviónica, ensayos e integración [8].

Por esta razón, las grandes constructoras han empezado a establecerse y buscan subcontratar los nuevos proyectos de aeronaves en estas regiones, con el objetivo de satisfacer los requerimientos de las aerolíneas en términos de costes y ser así más competitivos. De hecho, la subcontratación de servicios relacionados con la ingeniería de diseño, mecanizado, tratamientos especiales o montajes pueden superar el 50% de reducción en costes, si se realiza en estas regiones [8].

En tercer lugar, en medio de esta creciente globalización, se sitúan los suministradores de las grandes constructoras. A causa de la dicha globalización del sector y la entrada en escena de la industria auxiliar proveniente de países emergentes, los retos a los que se



enfrentan las grandes constructoras se trasladan a sus suministradores de forma inexorable. Esto genera a su vez un inmediato aumento de la competencia.

Para estos agentes de la cadena de suministro, la capacidad para interactuar en estos procesos y beneficiarse de ellos es altamente dependiente de la posición de la compañía en la jerarquía de la cadena de suministro. Así, suministradores occidentales pequeños, y de baja tecnología normalmente no tienen la capacidad financiera para rediseñar sus operaciones significativamente [8]. Además, a medida que se desciende en los niveles de la cadena de suministro las empresas occidentales tienen que enfrentarse a una competencia más agresiva. Esto se deriva de la mayor variedad de oferta de mano de obra barata capaz de suministrar a los niveles de calidad mínimos necesarios [7].

En este escenario, globalizarse junto con el sector puede ser una alternativa, sin embargo “¿Cómo financiar este salto?” El traslado de riesgo financiero de las grandes constructoras a los siguientes niveles de la cadena de suministro limita las posibilidades de los suministradores para autofinanciarse de forma autónoma el crecimiento [2]. Por ello, las alianzas empresariales son, especialmente para las empresas de menor dimensión, uno de los medios más idóneos para mejorar la competitividad y optar a paquetes de trabajo de mayor envergadura inviables desde un esfuerzo empresarial individual [9].

Otro elemento importante a considerar son las características de los servicios ofertados por los países emergentes. En ocasiones para ofrecer productos o servicios similares a la industria occidental a menor coste se ven obligados a sacrificar otros aspectos. Esto implica que en muchos casos sus resultados son muy ajustados pero suficientes para ser aprobados por certificaciones como DO178B y DO254, requeridas por las grandes empresas. De hecho, por el bajo grado de garantía y valor añadido que ofrecen estas compañías, aspectos como una configuración excelente de la gestión fruto de la integración en la cadena de suministro o una alta garantía de seguridad y fiabilidad son aspectos calificadores del pedido para las grandes constructoras. Estas características aportan un importante valor añadido en términos de eficiencia, rentabilidad, seguridad y fiabilidad que pueden llegar a ser aspectos ganadores de pedido, situando a los proveedores occidentales en una posición aventajada frente a sus competidores en los países emergentes [8].

En resumen, la inversión en I+D es una condición necesaria para competir en un mercado en el que ya no basta con mantenerse, sino que hay que crecer continuamente. Competir en costes con la industria de los países emergentes es inviable, por lo que ofrecer un producto mejor es el único camino para hacer frente a una industria que promete un producto o servicio similar a mucho menor coste. Por ello, ser capaz de mantener una cadena de suministro integrada con un alto nivel de excelencia y competitividad y ser capaz de liderar la oferta de valor añadido, será la única forma de marcar la diferencia en un escenario de mayor competencia y ser atractivo para los grandes constructores[6].

2.3 La integración en la cadena de suministro como principal valor añadido

Situación actual

Tradicionalmente, la cadena de suministro en la industria aeronáutica se identifica con una disposición piramidal basada en la estructura de fabricación de la aeronave. Los ingenieros de fabricación de las grandes constructoras definen las fases del proceso productivo y con ello establecen el patrón para la organización de la cadena de suministro [2]. Así, como se puede observar en la Ilustración 8, la cadena de suministro estaría dividida en niveles que representan a los agentes involucrados en el proceso productivo. Este proceso se da comienzo con el abastecimiento de materiales y servicios por los estratos inferiores, que tras las transformaciones necesarias llevadas a cabo a medida que se asciende en la pirámide, da lugar al producto final suministrado por los grandes constructores, el avión [10]. A lo largo de este proceso cada uno de estos agentes desarrolla una función cada vez más específica que se detalla a continuación:

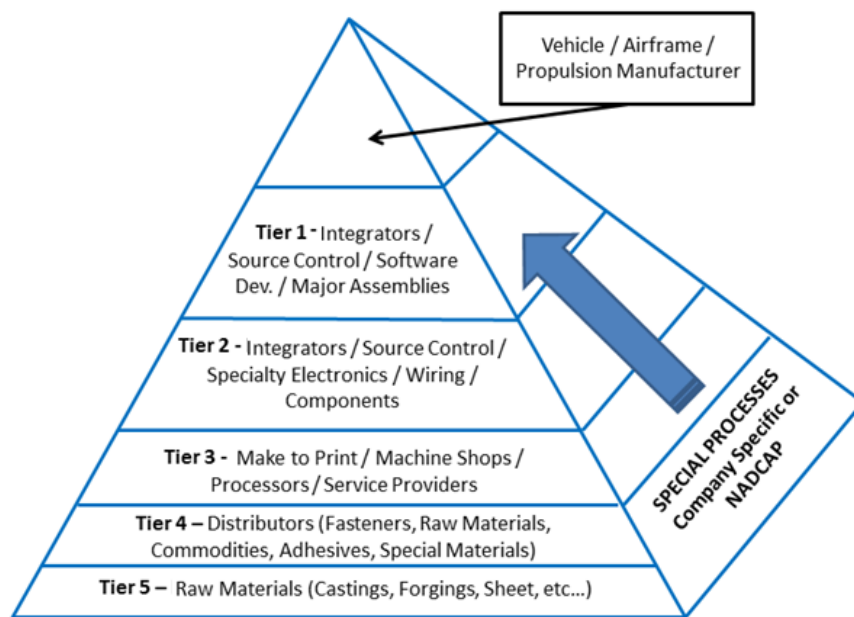


Ilustración 8: Cadena de suministro del sector aeroespacial [11].

- **Tier 5:** También conocidos como Suministradores de Quinto Nivel, son los responsables de la elaboración de productos genéricos como barras, placas, chapas, forjados o fundidos a partir del material puro por medio de diferentes técnicas.
- **Tier 4:** Su función principal es la de distribuir materiales, componentes, útiles o materias primas. En este estrato se incluyen asimismo empresas que ofrecen materiales con propiedades específicas mediante tratamientos de procesado (anodizado, pasivado, pintura o imprimaciones), térmicos o superficiales que permiten obtener materiales con características específicas de dureza, resistencia o conductividad precisados previamente por los clientes.



- **Tier 3:** Se encargan de la fabricación de componentes o piezas individuales a partir de materia prima sin tratar o con tratamientos y el ensamblaje de subconjuntos de pequeñas dimensiones. Todo ello siguiendo las especificaciones de los clientes de los niveles superiores.
- **Tier 2:** Desempeñan actividades relacionadas con el ensamblado de submontajes de mayor tamaño que los realizados por los Tier 3, sistemas electrónicos y eléctricos específicos, a partir del diseño aportado por el cliente.
- **Tier 1:** Suministrador de Primer Nivel que produce partes originales, principalmente subensambles de gran tamaño para las empresas ensambladoras o tractoras del nivel superior. Además, suelen caracterizarse por tener los medios financieros, humanos y técnicos para ofrecer valor añadido en sus productos en términos de diseño e ingeniería. Algunas empresas de este estrato son Airnova, Alestis o Aciturri.
- **Empresa tractora, integradora o constructora:** en general, llevan a cabo el montaje final de la estructura del avión, como Airbus o Boeing. Este tipo de empresas pueden integrar más partes del proceso o subcontratarlas al siguiente nivel de la cadena (Tier 1).

Originalmente, las empresas tractoras definían y especificaban lo que querían que las empresas Tier 1 produjeran para ellas. Con este objetivo, se encargaban del diseño de todo el avión y entregaban a sus suministradores planos y especificaciones detalladas para la fabricación de las subestructuras y subsistemas. En algunas ocasiones llegaban a servirles incluso los materiales, componentes, o submontajes necesarios [8]. Sin embargo, en los casos de subconjuntos de la aeronave con características de fabricación o montaje especialmente críticas, su producción la llevaba a cabo la empresa integradora, desempeñando así también el papel de Tier 1 y siendo servida directamente por los niveles inferiores [2].

La disposición piramidal de la cadena de suministro en general funciona bien y es la forma elegida para fabricar e integrar. Sin embargo, en la actualidad presenta ciertas ineficiencias, como se muestra en la Tabla 1 [7]. Estas debilidades adquieren mayor protagonismo aún, en un escenario de mayor competencia ya que pueden hacer peligrar la cadena de suministro al completo y situar a los agentes involucrados en una posición de desventaja. Por esta razón, conviene analizarlas y estudiar posibles soluciones para enfrentarse al nuevo escenario, como las que se propondrán en el siguiente epígrafe.

Tabla 1: Ineficiencias en la cadena de suministro actual [7].

ÁMBITO	INEFICIENCIAS
Gestión de Proveedores	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alto número de proveedores, muy especializados y que aportan poco valor añadido a los procesos. ✓ No se establecen plazos de entrega realistas. ✓ Falta de mecanismos para compartir u oportunidades de mejora. ✓ Alianzas solo para reducir costes, no para mejorar la integración y la generación de valor. ✓ Información poco precisa limitando el flujo de información entre ellos: la justa para la transacción comercial.
Planificación / Gestión de stock	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Procesos de planificación, programación y secuenciación generalmente manuales y poco fiables. ✓ Monitorización de Lead Times inexacta o inexistente. ✓ Niveles de inventario muy mejorables. Se trabaja sin objetivos.
Calidad / Gestión Visual	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gestión visual de defectos mejorable: no es fácil encontrar catálogos de defectos desplegados. ✓ Los análisis de causas raíz y Problem Solving in situ, son inexistentes y/o muy mejorables. ✓ No existe un despliegue de objetivos, es raro encontrar mediciones de variación de los procesos o OTD (Office of Technology Development).
Procesos de Fabricación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Procesos poco estandarizados. ✓ No se miden los tiempos de entrega real. ✓ Niveles bajos de polivalencia. ✓ Falta Ingeniería de Producción.



Situación futura

Una empresa es su cadena de capacidades en continua evolución, es decir, sus propias capacidades más las capacidades de todos aquellos con los que hace negocio. De modo que, como en los sistemas mecánicos, una cadena es solamente tan fuerte como su eslabón más débil, siendo este el factor limitante [12]. Por ello, todas las ineficiencias, descritas anteriormente, en la actual cadena de suministro son una fuente de debilitamiento en un mercado competitivo global frente a la competencia y exigen el replanteamiento de su modelo actual.

En este escenario, el nuevo modelo tratará de dar respuesta a un sector en constante evolución y que exige niveles de capacitación y gestión muy elevados para poder competir. Esta propuesta de organización de la cadena de suministro consistiría en el paso de una estructura de subcontratistas dependientes con múltiples ineficiencias a una formada por subcontratistas autónomos, mucho más eficaces y eficientes. Las grandes constructoras buscan con ello reestructurar su panel de proveedores y subcontratistas, simplificando la gestión y desarrollando socios industriales que dispongan de la capacidad financiera, de gestión y de ingeniería como para abordar por sí mismos grandes estructuras de avión con total responsabilidad [6]. Además será fundamental su participación en tareas de valor añadido, la capacidad de crecer y evolucionar, de ofrecer un elevado nivel de servicios y de integrar sus procesos con los de las tractoras [9].

El cambio que plantean las grandes tractoras implica una reducción de la producción interna y un aumento de la integración de sistemas, haciéndoles más complejos. Estos factores conllevan el traspaso de una gran parte del proceso productivo a un menor número de proveedores pero más fuertes y competitivos, reduciendo las relaciones con los niveles inferiores pero ofreciéndoles una mayor estabilidad y confianza [7]. Un ejemplo ilustrativo es el programa E2S (Engineering Supply Synergy) de EADS el cual redujo los más de 2000 suministradores de servicios de ingeniería a tan solo 28, de los cuales 4 procedían de India. Se espera que para la línea A350 XWB va a seguir la misma tendencia, lo cual representa un 50% de subcontratación en los paquetes de trabajo correspondientes a estructuras aéreas [8].

Otro ejemplo de integración es la línea de aeronaves 787 Dreamliner de Boeing, en el que se asignó gran parte del avión a sus proveedores lo que hizo que Boeing recibiera secciones completas listas para el ensamblado final, como se observa en la Ilustración 9. Este cambio dio lugar a una mayor agilidad y sencillez en la cadena de montaje y una reducción del inventario, que supuso una disminución en tres cuartas partes del tiempo de montaje final [13].

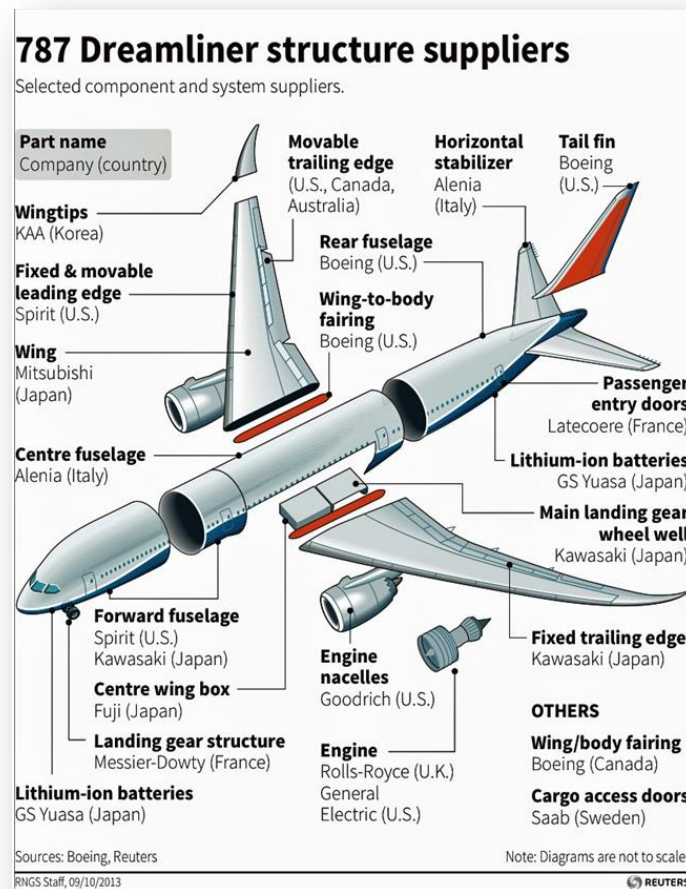


Ilustración 9: Integración de sistemas en la línea 787 Dreamliner de Boeing [7].

Entre las tareas que mayor valor añadido pueden aportar para la industria destaca el control riguroso de la calidad. Esto se debe a que las condiciones de operación de los productos aeronáuticos hacen de la seguridad la prioridad básica en la concepción, diseño o reparación de aeronaves [14]. En este sentido la trazabilidad es una herramienta muy útil para garantizar la seguridad y fiabilidad dado que hace posible reconstruir de forma exhaustiva el origen de los componentes, la historia de procesos aplicados al producto, la utilización y localización a lo largo del proceso y la cadena de suministro [15].

Por medio de certificaciones de calidad como la AS9100 (para actividades de fabricación de componentes), AS9110 (para actividades de mantenimiento aeronáutico) o AS9120 (para actividades de almacenamiento y distribución de material aeronáutico) entre otros ejemplos, se puede mejorar continuamente la posición competitiva y ofrecer un mejor servicio al cliente [16]. De hecho, la norma AS9100 se ha convertido en el requisito básico que los principales fabricantes aeronáuticos exigen a sus proveedores. La implantación de AS9100 no se considera una opción, sino una necesidad si la organización quiere mantener su competitividad [17]. En los últimos 3 años, empresas como DRS, L-3 o General Dynamics están requiriendo que toda su cadena de suministro presente sistemas de calidad AS9100 [11].

Estar acreditado por estas normas es un importante factor diferenciador con la competencia ya que implica un aumento de la eficiencia y eficacia en los procesos productivos, un aumento en la detección temprana de fallos y en consecuencia credibilidad internacional, prestigio, confianza de los clientes, un mejor servicio y ventaja competitiva en el mercado [17].

En síntesis, las grandes empresas tractoras por tanto no dirán más a sus socios que hacer. Estos buscarán en su lugar en el mercado global los suministradores más capaces y fiables como socios que compartan el riesgo [8]. Para ser uno de ellos la única estrategia es trabajar en la mejora de los niveles de servicio, mejora de la calidad y en la capacidad para desarrollar soluciones cada vez más integradas, dando mayor valor añadido a los productos, como se resume a continuación en la Tabla 2 [6].

Tabla 2: Estrategia de actuación del Sector Aeroespacial [7].

CARACTERISTICA	OBJETIVO
Concentración	✓ Pocos proveedores y grandes.
Proveedores desarrollados	✓ Capacitados en los aspectos de gestión, producción, ingeniería, automatización o calidad.
Capacidad de Gestión integral	✓ Compra de MP y gestión de su propia cadena de suministro
Competitividad	✓ Ofertar los mejores precios.
Flexibilidad	✓ Planificación, recursos o adaptación a la demanda
Mejora	✓ Reducción de piezas defectuosas focalizado en la mejora continua.
Estabilidad	✓ Márgenes suficientes para asegurar la estabilidad financiera.
Financiación	✓ Equilibrio entre el beneficio y la deuda.

3. Presentación de la empresa

3. Presentación de la empresa

Una vez analizada la evolución del sector aeronáutico y los desafíos que va a plantear en los próximos años para los agentes implicados, es preciso conocer la posición de la empresa de estudio dentro del sector y sus particularidades. Esto va a facilitar la identificación de sus puntos débiles en este nuevo escenario y la mejor comprensión de sus necesidades individuales, para el posterior planteamiento de medidas correctivas cuyo objetivo sea prepararla, hacerla más fuerte y dotarla de las competencias necesarias para poder competir y diferenciarse. Para ello, a lo largo de los siguientes subapartados se van explicar a grandes rasgos: su evolución hasta la actualidad, su estructura organizativa, el modo de desempeño de sus procesos y sus expectativas para el futuro junto con las iniciativas promovidas para su consecución.

3.1 Descripción de la empresa y su evolución histórica

La sociedad en estudio, conocida como OSVIMA, es un grupo de empresas de tipo familiar que fue fundado en 1987. Desde su fundación sus principales actividades han estado centradas en la programación por CNC y mecanizado bajo especificación de piezas estructurales de alta precisión dentro de la industria aeronáutica. Del mismo modo, también lleva a cabo el mecanizado del utillaje necesario para su fabricación y el ensamblado de conjuntos y subconjuntos por encargo para el sector aeronáutico [18].

Inicialmente, el negocio comenzó a partir de pequeñas instalaciones situadas en Getafe, Madrid, y un pequeño equipo de empleados. Progresivamente, se dio a conocer dentro del sector y su cartera de clientes se fue fidelizando y aumentando. Sin embargo, no fue hasta 1993 en un marco de florecimiento económico cuando se consolidó en el sector como suministrador. Este acontecimiento tuvo lugar en gran medida gracias a la decisión de apostar e invertir en ampliar sus instalaciones, adquirir maquinaria de última tecnología e incorporar certificaciones y sistemas de calidad. Estas tres líneas de acción han marcado su modo de actuación en toda su trayectoria a lo largo de los años posteriores [19].

En primer lugar, las instalaciones han aumentado de forma notable en comparación con las iniciales. En la actualidad se componen de dos fábricas de 4200 y 1950 m², respectivamente. En la primera se localiza un taller de mecanizado y dos pequeñas oficinas, mientras que en la segunda se puede encontrar un segundo taller de mecanizado, un taller de montaje y un almacén [19]. En esa línea, en los próximos meses las oficinas van a ser trasladadas a la segunda fábrica, no solo para poder albergar a todo el personal actual y al que se va a necesitar contratar, sino también para mejorar sus condiciones y ofrecer un mejor ambiente laboral.

En segundo lugar, el interés por incorporar las últimas tecnologías en el sector ha continuado presente en su filosofía hasta hoy. El mecanizado de piezas aeronáuticas es complejo y exige unas bajas tolerancias para lo que se requieren unos medios productivos

3. Presentación de la empresa

de última generación y una cualificación especial. Por ello, en la actualidad OSVIMA apuesta por un equipo de 92 personas con experiencia y de maquinaria de última tecnología para el desarrollo de su actividad. Entre ellas, destacan los centros de control numérico de 3 y 5 ejes de alta velocidad (para piezas de hasta 9 m) y de 3 ejes para metales duros, fresadoras y torno para el mecanizado de materiales como aluminios, titanio o acero [20]. Este tipo de tecnología de fabricación es ampliamente utilizada en el sector ya que facilita el mecanizado de piezas con formas tan complejas como la mostrada en la Ilustración 9 [21] .

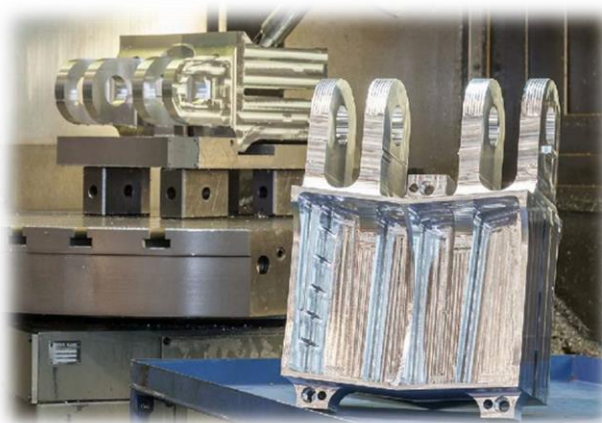


Ilustración 10: Pieza de aluminio mecanizada con máquina de 5 ejes de alta velocidad [19].

Junto a ello, incorpora otras tecnologías como el software CATIA V5, VERICUT y MASTERCAM para la programación de utillaje y piezas, previa a su mecanización; SAP Business One y Be.as para la gestión de las funciones empresariales (SAP implantado a un nivel reducido y Be.as solo instalado); y METROLOG para la programación de maquinaria de medición de alta precisión, como las Máquinas de medición por coordenadas (MMC) [19]. Este último tipo de sistemas, ilustrado en la imagen inferior, pertenecen a los sistemas de medición de alta tecnología y se caracterizan por ser totalmente automáticos. Generalmente se emplean para el control de calidad de los productos finales de gran tamaño o de alta complejidad puesto que realizan una medición completa en las tres dimensiones. Este alto grado de automatización favorece la reducción del error derivado de la influencia del operador en el resultado de la medida y la mejor repetibilidad y reproducibilidad [22].



Ilustración 11: Máquina de medición por coordenadas propiedad de la empresa en estudio [19].

3. Presentación de la empresa

En tercer lugar, su larga experiencia en la producción de piezas y conjuntos aeronáuticos le ha permitido en la actualidad poseer numerosas certificaciones necesarias para llevar a cabo ciertos procesos. De esta forma actividades como el ensamblaje de componentes, la soldadura o la aplicación de sellantes que requieren una cualificación especial son acreditadas por algunas de las empresas de las que el Grupo es proveedor, como se aprecia en la Ilustración 11[23].

LISTA DE PROCESOS ESPECIALES CERTIFICADOS - Supplier Approval List			
NOMBRE DE LA COMPAÑIA	ESTADO	CERTIFICACIÓN	ESPECIFICACIÓN/ INSTRUCCIÓN
BOMBARDIER	APPROVED	Installation groove bearing	BAPS-175-004
BOMBARDIER	APPROVED	Installation of interference fit bushings	MPS-175-5
BOMBARDIER	APPROVED	Identification of aircraft parts	BAPS-144-005
BOMBARDIER	APPROVED	Chemical conversion treatment for aluminium alloys	BAPS-160-020
BOMBARDIER	APPROVED	Installation of conventional rivets	BAPS151-001
AIRBUS MILITARY	APPROVED	Mezcla y aplicación de sellantes	I+D-P 146
AIRBUS MILITARY	APPROVED	Grapado de rotulas y cojinetes	CAN 64143
AIRBUS MILITARY	APPROVED	Grapado de rotulas y cojinetes	CAN 64144
AIRBUS MILITARY	APPROVED	Grapado de rotulas y cojinetes	CAN 64146
AIRBUS MILITARY	APPROVED	Grapado de rotulas y cojinetes	CAN 64147
AIRBUS MILITARY	APPROVED	Verificadores homologados	CASA 1033-53FT
AIRBUS MILITARY	APPROVED	Homologación para realizar / aprobar órdenes de producción	CASA 1033-53FT
AERNNOVA	APPROVED	Installation of Bushings Cold shrink fit	I+D-P 366
AERNNOVA	APPROVED	Installation of Bushings Press fit and Press Swaging	I+D-P 366
AERNNOVA	APPROVED	Solid rivets, conventional installation	BAPS151-001
AERNNOVA	APPROVED	Marking of components and sub-assemblies	BAPS-144-005
AERNNOVA	APPROVED	Installation of bearings by staking techniques	NE 31-002; NE 31-003; NE 31-004
AERNNOVA	APPROVED	Faying surfaces, sealing of Sub-Assemblies and Structures	I+D-P 146
AERNNOVA	APPROVED	Fillets sealing and Over coating of sub-Assemblies and structures	NE 40-134
SGS	APPROVED	EN9100-2010	EN9100-2010
AIRBUS	APPROVED	Machining of fiber reinforced plastic (FRP) components	AIPS 03-07-002
AIRBUS	APPROVED	Installation of bushes, shrink and press fit	I+D-P 366
AIRBUS	APPROVED	Bonding and grounding installation	I+D-P 355
AIRBUS	APPROVED	Installation of bushes, shrink and press fit	AIPS01-02-019
AIRBUS	APPROVED	Installation of solid rivets	API01-01-004
AIRBUS	APPROVED	Preparación de oles in metallic materials for fastening	API01-02-003
AIRBUS	APPROVED	Tightening torques	API01-02-008
AIRBUS	APPROVED	Installation of blind bolts	API01-02-013
AIRBUS	APPROVED	Installation of bushes, shrink and press fit	API01-02-019
AIRBUS	APPROVED	Installation of parallel shank threaded fasteners	API01-02-022
AIRBUS	APPROVED	Installation of helical threaded inserts	API01-03-004
AIRBUS	APPROVED	Chemical conversion coating	API02-05-001
AIRBUS	APPROVED	Installation of bearings	API03-03-012
AIRBUS	APPROVED	Rework of paints	API05-02-011
AIRBUS	APPROVED	Application of non hardening jointing compounds	API05-05-006
AIRBUS	APPROVED	Electrical Bonding	API07-01-006
AIRBUS	APPROVED	Surface protection of fastener and sealants	API05-05-003
AIRBUS	APPROVED	Sealing of aircraft structure	API05-05-001
AIRBUS	IN PROCESS	Installation of nut	API01-02-016
AIRBUS	APPROVED	Wet installation of fasteners	API05-05-004

Ilustración 12: Lista de procesos especiales certificados de la sociedad de estudio [19].

Para los productos que pasan por este tipo de procesos, la inspección y verificación supone la destrucción o daño del producto dejándole inservible. Un ejemplo es la inspección de sellantes, para la cual sería necesario alterar las condiciones del producto, perdiendo la utilidad. En comparación con otros procesos como el mecanizado general, este último se puede inspeccionar mediante la medición de la pieza sin necesidad de alterarla. De manera que este tipo de certificaciones son especialmente importantes dado que evita la inspección de las piezas o conjuntos tras pasar dichos procesos. Se consigue así aprobar el resultado final a partir de la validación del proceso, avalando el trabajo

3. Presentación de la empresa

realizado por la empresa. En la ilustración 13 se muestra un ejemplo de un producto con algunos de los procesos citados.

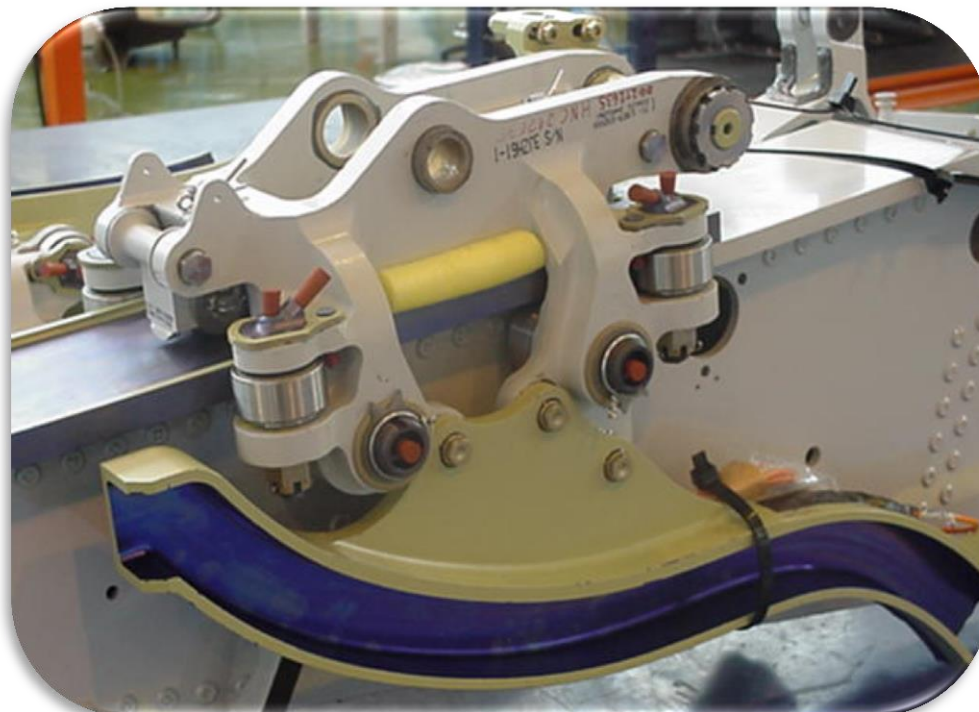


Ilustración 13: Subconjunto producido por la empresa de estudio [19].

Añadido a este factor, el Grupo mantiene un sistema de calidad basado en la norma EN9100, avalado por empresas certificadoras como ENAC y ATECMA. OSVIMA establece, documenta, implementa y mantiene su Sistema de Gestión de Calidad para todas las actividades de la organización con el fin de asegurar la conformidad de sus productos con los requisitos especificados en la norma internacional EN 9100. El cumplimiento de dicha norma exige que la empresa se encargue de [19]:

- ✓ La identificación de los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad, la determinación de la secuencia e interacción de estos y su aplicación.
- ✓ La definición de los criterios y métodos necesarios para asegurar que tanto la operación como el control de estos procesos son eficaces.
- ✓ Asegurar la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos.
- ✓ La realización del seguimiento, medición y análisis de los procesos, tanto internos como subcontratados externamente.
- ✓ La implantación de las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de los procesos.

3. Presentación de la empresa

Finalmente, el proceso de evolución descrito unido a los aspectos nombrados anteriormente en términos de instalaciones, tecnología y calidad, han posicionado en la actualidad al grupo como Tier 3 o Suministrador de Tercer Nivel dentro de la cadena de suministro de la industria aeronáutica. Gracias a ello, OSVIMA se está aproximando al mercado internacional y, cuenta con integradores y Tier 1 entre sus clientes. Algunos ejemplos son del nivel de Airbus, Aernova, Alestis o Aciturri. En otros casos realiza trabajos para otros niveles que a su vez sirven a los niveles superiores [19]. La relación con empresas de dichas dimensiones es una oportunidad para OSVIMA ya que le está abriendo muchas puertas en el sector. De hecho actualmente participa en una amplia variedad de proyectos cómo los mostrados a continuación:

Tabla 3: Partes de proyectos en los que participa la organización en estudio[19].

EMPRESA	PROYECTO- PARTE
AIRBUS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A300-Main cargo door ✓ A320- Side Formers and Outlet Sockets ✓ A330- Cargo Door Frame ✓ A340- Fan cowl ✓ A350- Belly fairing ✓ A380- Belly fairing, zone 3.1, 3.2, 5, section 19, Landing gear door
AIRBUS MILITARY	<ul style="list-style-type: none"> ✓ C212- Wings ✓ CN235- Wings, Fuselage ✓ C295- Wings, Fuselage
CASSIDIAN	✓ EUROFIGHTER - Wings
SIKORSKY	✓ S92 - Tail Cone
EUROCOPTER	✓ AS332 SUPER PUMA MK2 - Tail Cone
BOMBARDIER	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CRJ700-CRJ900-CRJ1000 - HTP ✓ C-SERIES - Tail Cone
EMBRAER	✓ KC-390-ERJ135- ERJ145- EMB170- EMB190- LEGACY 650- VTP and HTP
ATLANTE	✓ PELICANO (UAV) - Structural part

3. Presentación de la empresa

3.2 Estructura organizativa

OSVIMA, como se ha mencionado anteriormente, es un grupo empresarial el cual está formado por 3 empresas. Cada una de ellas tiene unas funciones distintas y desarrolla una actividad, como se detalla a continuación:

- ✓ **OSSMA S.L.:** Representa la imagen más comercial del grupo y se encarga de la comercialización de piezas mecanizadas y conjuntos para la industria aeronáutica.
- ✓ **OSVIMA S.A.:** Lleva a cabo la fabricación y comercialización de utillaje y piezas mecanizadas. Sus instalaciones representan todo el espacio físico disponible en el grupo para la fabricación.
- ✓ **MONTEC S.L.:** Desempeña el montaje de conjuntos y subconjuntos aeronáuticos. Engloba principalmente el área de montaje.

Normalmente, las relaciones entre ellas se basan en la llegada de pedidos de cliente a través de OSSMA u OSVIMA. En el primer caso, si la parte a producir se compone de mecanizado con o sin montaje, OSSMA subcontrata a OSVIMA para que gestione todo el proceso y si solo requiere montaje, entonces subcontrata directamente a MONTEC. En el segundo caso, para los mecanizados OSVIMA produce la pieza en cuestión y si se incluye un ensamble en dicho producto subcontrata a MONTEC para llevarlo a cabo, como se resume en la Ilustración 14.

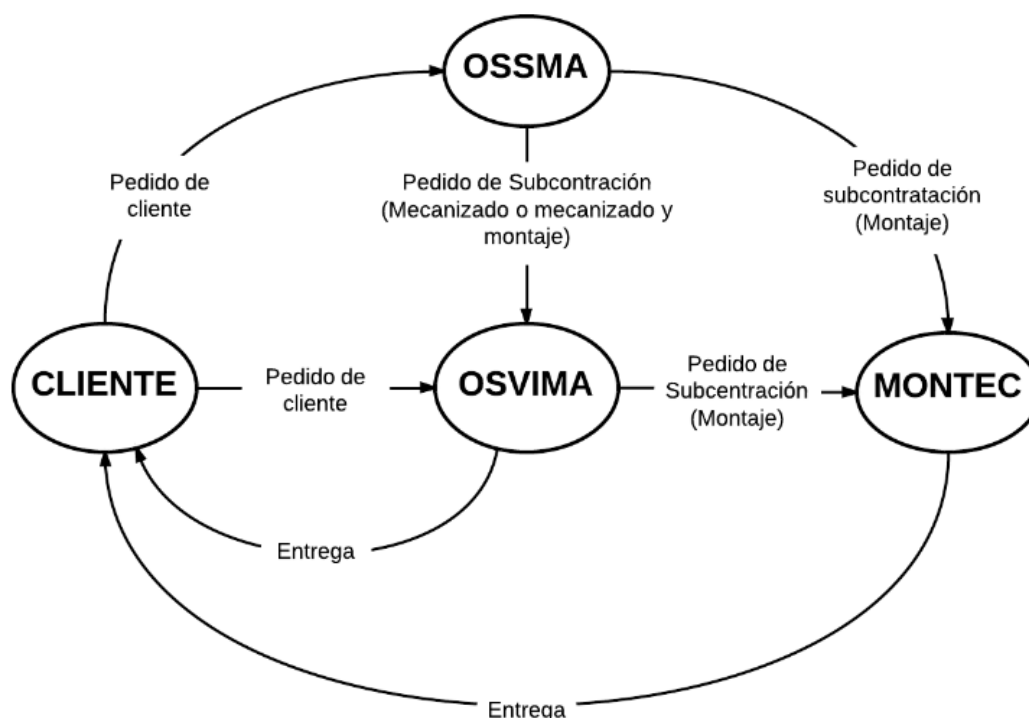


Ilustración 14: Mapa de relaciones entre las empresas del grupo en estudio (Fuente: Elaboración propia).

3. Presentación de la empresa

Esta distribución está motivada principalmente por razones estratégicas, organizativas y económicas. Con dicha división en particiones se busca que cada parte del volumen de ventas sea controlada por una empresa del grupo. Esto permite lograr un control más especializado y separar la carga económica por empresas. De hecho, es especialmente relevante en el caso de OSVIMA y OSSMA dado que ambas pueden recibir pedidos, de manera que los proyectos en función del cliente se repartan entre ambas, para que el volumen de facturación se establezca y sea equivalente.

La estructura organizativa del grupo, engloba a todas las empresas, de modo que no hay una distinción clara entre ellas, llevándose a cabo las mismas actividades para cada una. Como se aprecia en la Ilustración 15, esta disposición se caracteriza por ser plana dado que se trata de una empresa familiar que no dispone de un número elevado de empleados, 92 aproximadamente. A esta clasificación hay que añadir otras características que la definen y es importante conocer.

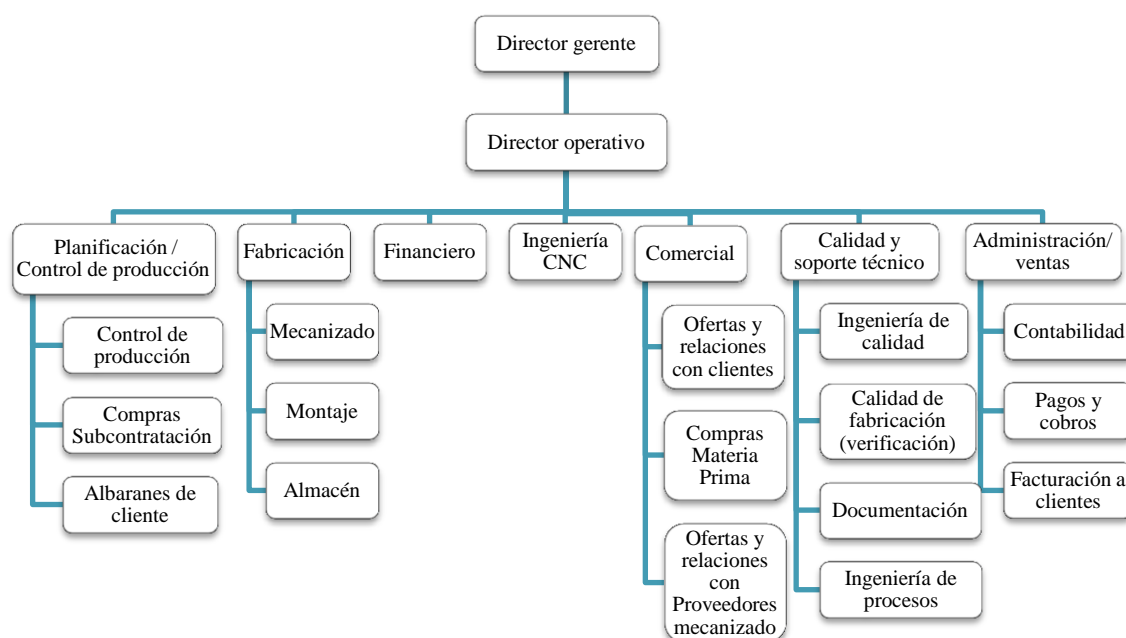


Ilustración 15: Organigrama de la empresa en estudio (Fuente: elaboración propia).

En primer lugar, hay departamentos que no existen como tal y cuyas funciones se encuentran repartidas entre otros departamentos. Un ejemplo es el caso del departamento de compras, el cual está distribuido entre el departamento comercial y el de planificación y control de la producción. Para empezar, en el departamento comercial una persona se encarga de contactar con proveedores de materia prima y hacer los pedidos correspondientes, después otra persona del mismo departamento lleva a cabo la búsqueda de proveedores de procesos finales y finalmente en el departamento de planificación y control de la producción una tercera persona realiza los pedidos de dichos servicios de subcontratación.

3. Presentación de la empresa

Otro caso es el departamento de recursos humanos, cuyas funciones se reparten entre el departamento de administración, el de calidad y otras áreas de la empresa. Inicialmente cada área de la empresa se encarga de buscar personal y realizar los procesos de selección necesarios. A continuación, el departamento de administración tramita los documentos necesarios para la contratación y por último, el departamento de calidad supervisa al personal de montajes o mecanizado para comprobar que sean competentes en la realización de dichas actividades. En ocasiones tienen que realizar un curso y pasar un examen realizado por el responsable de Calidad el cual está avalado por AIRBUS para certificar dichas competencias.

En segundo lugar, también es importante destacar la polivalencia de los empleados ya que en muchos casos se desplazan de un departamento a otro para suplir al personal ausente o como apoyo en los momentos en los que se producen cuellos de botella. Esto ocurre, por ejemplo, en el caso del departamento de Administración y ventas, el cual debido al alto volumen de facturación y poco personal, ha requerido la ayuda de personal de otros departamentos como el de compras para reducir el retraso y la carga de trabajo.

Para finalizar, a esta estructura organizativa hay que añadir empresas subcontratistas que no están incluidas en el Organigrama pero que mantienen relaciones con regularidad con el Grupo. Estas empresas realizan principalmente servicios técnicos relacionados con tecnologías de la información, tratamientos superficiales y el transporte, como puede ser el envío de pedidos a clientes.

3.3 Descripción del proceso productivo

Desde sus orígenes, OSVIMA solo lleva a cabo proyectos por encargo y bajo especificación limitándose así únicamente al mecanizado y montaje. Sin embargo, como ya se ha mencionado anteriormente, cada vez son más los clientes que reclaman un mayor aporte de valor e integración a sus proveedores. Por esta razón, es importante analizar y conocer su proceso productivo para poder identificar los aspectos a mejorar y las partes del proceso en las que se podría ofrecer una mayor integración. Con ese objetivo se describe e ilustra en términos generales en este epígrafe su metodología con la ayuda del mapa de procesos representado en el Apéndice A.

Este proceso se inicia con la búsqueda de clientes por parte del departamento comercial, por ejemplo, en ferias del sector. Los clientes interesados suelen plantear una propuesta de proyecto en la que cada vez más incluyen contratos a largo plazo asegurándoles de este modo una carga de trabajo a sus proveedores. Con ello, se busca ofrecer estabilidad financiera y confianza a los suministradores de la futura cadena de suministro a cambio de todas las mejoras que se les va a pedir en un contexto de mayor competición.

A partir de la propuesta, el departamento comercial evalúa los riesgos junto con los departamentos implicados siguiendo la normativa POC-03 que regula el proceso comercial, como se aprecia en la Tabla 4 y se establecen los plazos de entrega y los costes no recurrentes (derivados de la primera fabricación entre los que se incluye la producción de los

3. Presentación de la empresa

útiles específicos) y recurrentes (originados por el proceso productivo que se repite con cada nuevo pedido). Una vez aprobado por el departamento comercial y el cliente las condiciones, se realiza el contrato y el primer pedido de cliente.

Tabla 4: Áreas más importantes para la valoración de riesgos según norma POC-03 y responsables de su realización en la empresa de estudio.

ÁREAS DE ANÁLISIS	RESPONSABLE DE LA EVALUACIÓN
Tecnología disponible	D. Fabricación
Aprovisionamiento de materiales	D. Control de producción
Procesos especiales y certificaciones	D. Ingeniería y Calidad
Documentación disponible	D. Ingeniería
Entrega en plazo	D. Control de producción
Seguimiento Proveedores	D. Calidad y C. de Producción
Normativa y Legislación	D. Ingeniería
Requisitos de Calidad	D. Calidad
Documentación de entrega	D. Ingeniería y Calidad
Términos del contrato	D. Comercial
Análisis Financiero	D. Comercial

El pedido puede contener principalmente tres tipos de productos: aquellos que incluyen solo mecanizado, los que no requieren mecanizado y por tanto únicamente son ensamblados y los que llevan ambos procesos. Tras el pedido, el cliente suministra la documentación necesaria a partir de la cual se realiza la orden de fabricación en dos fases dependiendo del tipo de producto.

Primero, el departamento de ingeniería comprueba para los artículos de mecanizado si se requieren útiles nuevos a fabricar. En ese caso se programan por CNC mediante el software CATIA V5, VERICUT y MASTERCAM el útil y el mecanizado de la pieza a partir del diseño gráfico suministrado por el cliente y generan un documento de Instrucción de Mecanizado siguiendo la norma POC-09.

Después, en el departamento de calidad a partir de las listas de partes, modelos y planos suministrados, se realizan las hojas de ruta de la pieza si es solo de mecanizado y, de todos los componentes y montaje final si se trata de un conjunto. En ese documento se especifican todos los procesos y requerimientos que hay que cumplir desde la llegada de la materia prima y/o de los componentes hasta la entrega final al cliente. En ella, también se incluyen

3. Presentación de la empresa

los útiles y materiales necesarios y la normativa a seguir. Este es un método más para asegurar la trazabilidad a lo largo del proceso, puesto que estas hojas deberán ser selladas por la persona que lleva a cabo cada operación como indica la norma POC-05-3.

En este punto del proceso surge una nueva variable: la exigencia por parte del cliente de una menor o mayor integración. De este modo, ciertos clientes suministran además de todos los diseños y especificaciones, toda la materia prima y/o materiales eliminando todos los pasos intermedios relacionados con el abastecimiento. Esta metodología supone la simplificación del proceso para los proveedores y limita su intervención a esperar la llegada de estos y recepcionarlos.

No obstante, hay otros clientes que solicitan una mayor integración, y para ellos el Grupo está empezando a incorporar en un pequeño número de productos el abastecimiento de todos los materiales necesarios para la producción. Este tipo de modificaciones suponen importantes mejoras puesto que liberan a los clientes de la carga derivada de la realización de estos pasos intermedios, pero a la vez aportan una mayor complejidad en el proceso productivo llevado a cabo por el proveedor, en este caso OSVIMA.

Así, para los pocos artículos en los que se ofrece esta mayor integración, el departamento de compras se encarga de comprobar si hay disponible materia prima en el almacén (si es un producto de mecanizado), y componentes (si es de mecanizado y/o montaje). Dado que los inventarios no están registrados en una base de datos común, como SAP, el responsable de compras tiene que consultar a los encargados de almacén para saber si hay stock. En el caso de no haber existencias, el departamento de compras tendrá que evaluar los proveedores siguiendo la normativa POC-06-2 y realizará los pedidos correspondientes siguiendo el procedimiento descrito en la norma POC-06-01 que lo regula.

A estos pedidos hay que añadir los de subcontratación realizados por el departamento de planificación y control de producción. Estos solo se realizarán en el caso de que el producto requiera procesos especiales y finales, como son las piezas de mecanizado, siguiendo las normativas anteriores.

Una vez llegan los componentes y/o materia prima, el responsable de almacén los recepciona y guarda en el almacén a la espera a que el departamento de planificación le indique que hacer con ellos, dependiendo si están destinados para un artículo de mecanizado o montaje.

Si se trata de un artículo que incluye mecanizado con nivel de prioridad normal para la fabricación tendrá que esperar hasta que haya una máquina disponible. Esto es así porque las órdenes de producción se guardan por orden de llegada al taller, siempre empezando a fabricar la orden de producción más antigua para la que se disponga el material y recursos necesarios. Sin embargo, si el departamento comercial o la dirección reclama alguna pieza que aún no ha sido fabricada y tiene un carácter urgente, entonces se empezará o incluso interrumpirá otros procesos para su fabricación.

3. Presentación de la empresa

Terminada la fabricación, en los casos que requieren tratamientos, se inspecciona y envía a un subcontratista para que lleve a cabo los tratamientos especiales o finales necesarios. A su vuelta se inspecciona de nuevo y si no requiere montaje, se envía al cliente junto con la documentación de entrega (albarán de entrega).

Si por el contrario requiere montaje, deberá esperar hasta que todos los componentes estén listos. Cuando todos estén terminados y recepcionados serán ensamblados siguiendo el orden de llegada y en función de su urgencia. Para finalizar, se procederá a inspeccionarlos nuevamente y enviarlos al cliente con el albarán de entrega correspondiente.

Dentro de todas las actividades de inspección y ensayo, que se han mencionado destaca la verificación de un artículo de la primera producción (informe de primer artículo o IPA) para de este modo validar el proceso de producción y todos los elementos asociados al mismo, como regula POC-10-2. Esta verificación se debe repetir exclusivamente si se produce alguna modificación en alguno de los elementos del proceso de producción como especifica la norma POC-10-01.

El resto de inspecciones que se realizan desde la recepción del producto hasta la entrega al cliente siguen la normativa POC-10-01 para la detección de no conformidades con los requisitos especificados. En el caso de detectar un producto no conforme a lo largo de la producción, se sigue el proceso mostrado en la Ilustración 14 regulado por POC-13. Los productos no conformes tratados según el procedimiento arriba mencionado pueden ser: reelaborados para satisfacer los requisitos especificados, aceptados con o sin modificación, reclasificados para otras aplicaciones o rechazados definitivamente y desechados. Asimismo hay otras medidas a considerar y ejecutar en estos casos:

- ✓ Las disposiciones de usar o reparar solo pueden ser tomadas previa autorización del cliente
- ✓ En caso de no conformidad, esta se registra y se establecen las acciones correctoras oportunas para tratar de evitar su repetición, que también se deben registrar.
- ✓ Cuando se detectan no conformidades tras la entrega, se informa de ello al cliente y a todas las organizaciones que puedan estar afectadas (proveedores o autoridades reglamentarias).
- ✓ En todos los casos, se debe de informar internamente de las no conformidades a las partes de la organización que pueden estar afectadas
- ✓ Se deben tomar medidas siempre que sea posible para minimizar los efectos inmediatos de las no conformidades (acciones de contención).
- ✓ Los productos no conforme que se reparan, se deben de verificar de nuevo una vez reparados.
- ✓ Los productos que se disponen para chatarra se deben segregar, identificar e inutilizar adecuadamente.

3. Presentación de la empresa

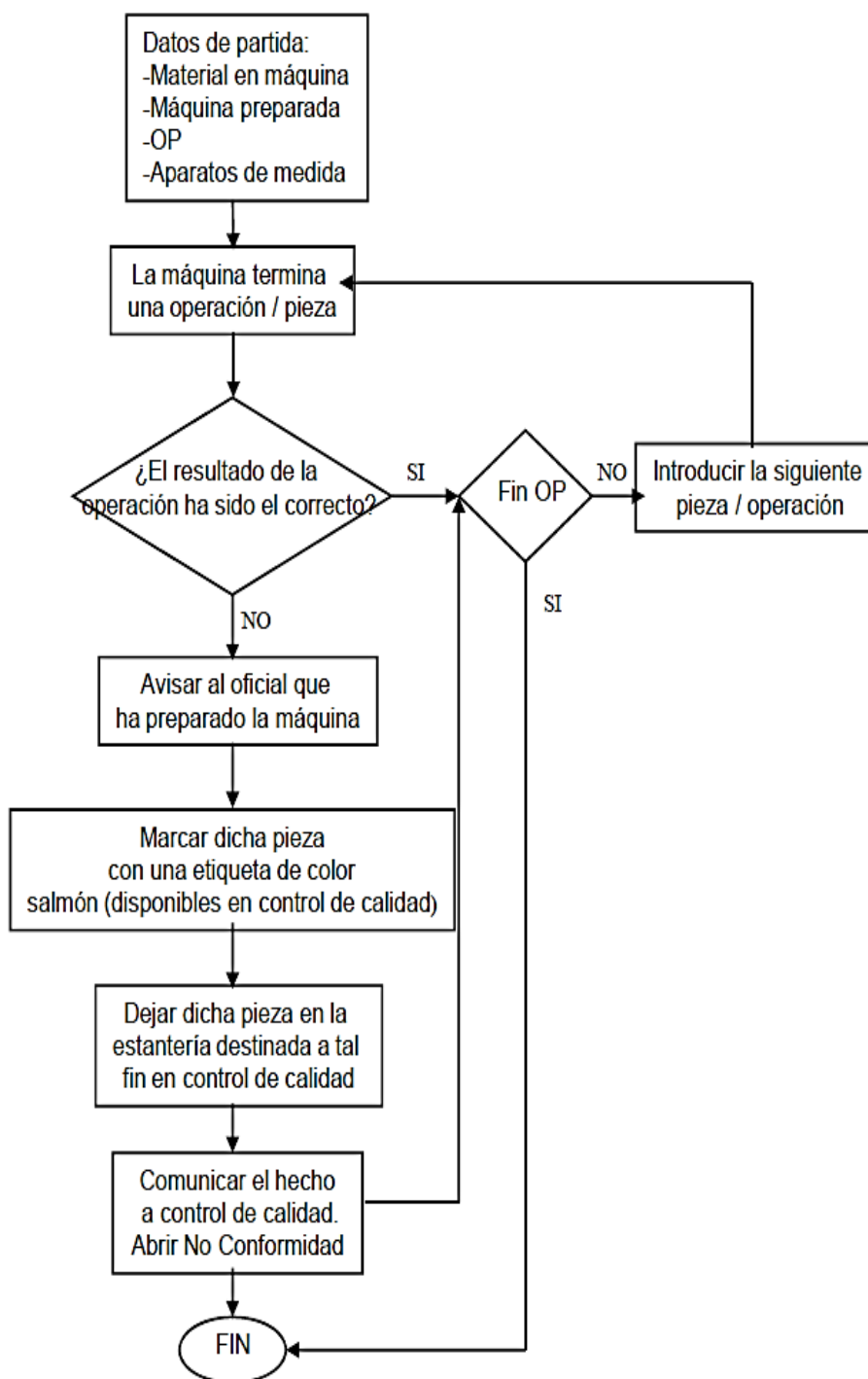


Ilustración 16: Gestión de no conformidades [20].

En definitiva, como se aprecia, el proceso productivo se caracteriza por un alto grado de complejidad y estrictos requisitos en términos de alta precisión y bajas tolerancias que deben ser inspeccionados. Si a estos factores se les añade las nuevas exigencias del sector, el proceso va requerir una rigurosa organización y control en todas sus actividades.

3. Presentación de la empresa

3.4 Visión de futuro

Entre las expectativas de OSVIMA a corto plazo figuran su crecimiento e internalización. En esta línea, actualmente focaliza sus esfuerzos tanto en la búsqueda de reconocimiento a nivel internacional y en la obtención de una reputación fiable en el exterior como en ascender en la cadena de suministro, es decir pasar de ser Tier 3 a Tier 2, haciéndose cargo así del ensamblado de estructuras y conjuntos de mayores dimensiones.

Las previsiones para los próximos años del grupo auguran un importante crecimiento en términos de facturación y en definitiva su expansión, como se aprecia en la Ilustración 17. Sin embargo, para que estas estimaciones se materialicen diferentes iniciativas a nivel organizativo y en su filosofía de trabajo deben ser incorporadas.

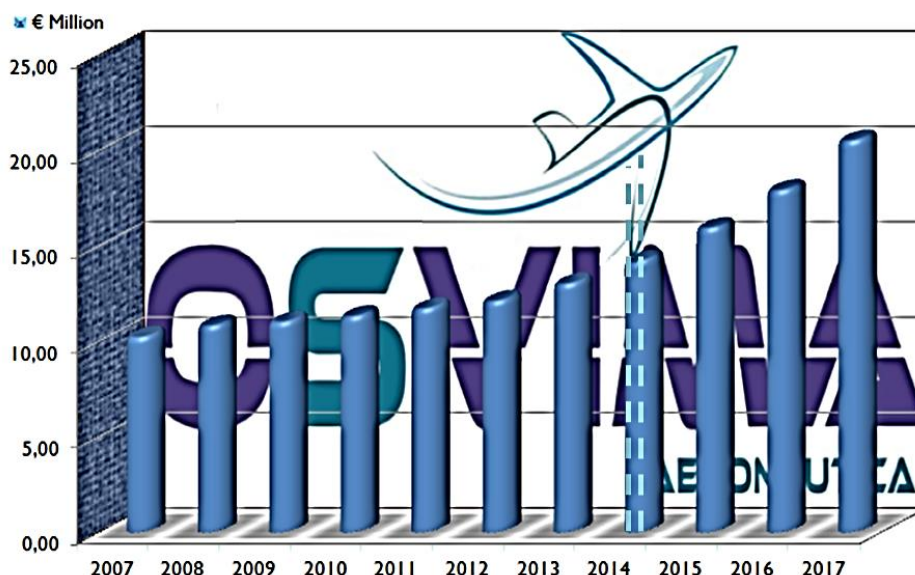


Ilustración 17: Historia y previsión de crecimiento para la organización de estudio en términos de facturación [19].

Con esos objetivos y conociendo las nuevas exigencias del sector, la empresa se plantea una transformación general basada en la generación de servicios de valor añadido al cliente por medio del cumplimiento de los máximos exigencias de seguridad, calidad, fiabilidad y respuesta al cliente. Asimismo, desea participar en el proceso de desarrollo del producto y proponer alternativas de fabricación, teniendo siempre en cuenta los requisitos de fiabilidad exigidos. Algunas de las iniciativas que se han empezado a plantear para ofrecer estas mejoras a sus clientes se resumen en:

- ✓ **Alianza estratégica** con otras empresas del sector para autofinanciarse y ser capaz de abordar proyectos de mayor envergadura. Es un modo de prepararse para formar parte de la reducida lista de proveedores que se plantea con la reestructuración de proveedores en la industria aeronáutica. Esta medida supone, además de mejorar la integración, una mayor generación de valor.

3. Presentación de la empresa

- ✓ Búsqueda de **empresas de procesos superficiales** para incorporar al Grupo. Representaría un proceso de Integración vertical (mediante la fusión de empresas) ya que se añaden partes de los procesos que no puede llevar a cabo el Grupo por sí solo y normalmente subcontrata. Conllevaría un mayor grado de integración para sus clientes y de aporte de valor añadido a sus productos.
- ✓ Creación de un **departamento de compras** de materia prima desde hace menos de un año con una sola persona a su cargo dentro del departamento comercial. Esta iniciativa busca ofrecer mayor integración a sus clientes, liberándoles de suministrar también la materia prima.
- ✓ Adquisición de **nueva maquinaria** destinada a realizar a tiempo completo piezas de un solo cliente que supone un gran volumen de producción aumentando la capacidad productiva. Esto libera parte de la capacidad del resto de recursos permitiendo fabricar también más cantidad para otros clientes.
- ✓ **Implantación** de un sistema de planificación de recursos empresariales o **ERP** (Enterprise Resource Planning) en combinación con un módulo de planificación de los recursos de fabricación o **MRP II** (Manufacturing Resource Planning) dentro de este.

El primero es conocido como SAP Business One y fue instalado hace más de un año, sin embargo, su grado de utilización en la actualidad es muy reducido. Por ello, se busca su implantación total en la empresa, aprovechando todos los beneficios que puede aportar y haciendo con ello posible la implantación del sistema MRP.

El segundo, conocido como Be.as Manufacturing, es la iniciativa que más impacto en términos de revolución y beneficios puede implicar para OSVIMA. Esta representaría un incremento sustancial de la productividad industrial que se vería reflejada de inmediato en aspectos económicos como: reducción de ineficiencias, errores, detección temprana de fallos, ahorro de tiempo de gestión o centralización de la información entre otros aspectos. Esta herramienta tiene como finalidad ayudar a mejorar sus competencias en cada una de sus procesos para llegar a ser competitivo y diferenciarse con el resto de suministradores

Por esta razón, la implantación de Be.as se sitúa en el centro de las iniciativas del Grupo en su proceso de transformación orientado a un mismo objetivo: su crecimiento e internalización

4. Justificación del proyecto

4. Justificación del proyecto

En esta sección se va a justificar porque este proyecto representa para OSVIMA el punto central en su proceso de transformación dentro del sector aeronáutico. Para ello, se va a ilustrar la situación inicial de la empresa que ha motivado el planteamiento de este proyecto y por qué la implantación un sistema MRP II integrado en la funcionalidad ERP, y para ser más preciso siendo estos el reconocido SAP Business One y su módulo MRP Be.as, ha sido indiscutiblemente elegida como la mejor solución por OSVIMA.

4.1 Situación inicial

Inicialmente, en OSVIMA se seguía un procedimiento muy complejo y de una larga duración para fabricar los artículos solicitados por los clientes. Este proceso suponía una barrera que había que saltar para la correcta consecución de los objetivos y el cumplimiento de los altos requerimientos del sector.

Para empezar, se ingresaban en el sistema SAP los pedidos realizados por los clientes de una forma manual. Una vez este primer paso se finalizaba, se procedía a la generación manual de órdenes de producción y manual e individualizada de pedidos de materia prima, pedidos de procesos finales, pedidos de subcontratación y pedidos de elementales. A continuación, se llevaba a cabo la planificación y el control de la producción interna a partir de hojas de Excel individuales. Finalmente, ese mismo sistema se seguía para controlar los envíos y recepciones de piezas., como se puede observar en la Ilustración 18.

Como resultado de este proceso se generaba una intensa sobrecarga de trabajo. Además, el trabajo era muy manual, repetitivo y laborioso debido, por ejemplo, al ingreso de largas listas de artículos (“uno por uno”) incluyendo números de muchas cifras, extensas descripciones o precios con cada pedido innecesariamente, como se puede apreciar en la Ilustración 19 con un pedido de compra de materia prima.

Como consecuencia de este hecho, la probabilidad de errores se incrementaba y la fiabilidad disminuía. A esto hay que añadirle también la dificultad para hacer un seguimiento y la complejidad para llevar un control de los recursos y por consiguiente secuenciar y coordinar la carga de trabajo entre todos los departamentos. En definitiva, la previsión era a corto plazo (un máximo de un mes) y todo ello se reflejaba en los plazos de entrega, retrasándose en muchos casos, y en el número de piezas con defectos cada vez mayores (altos porcentajes).

Estas dificultades crecían en volumen progresivamente en los últimos meses hasta llegar a ser incontrolables, generando desconfianza en sus clientes y empeorando su imagen. Ante dicha situación el Grupo toma conciencia de que tiene que cambiar si quieren continuar en un sector crecientemente competitivo y poder materializar sus expectativas de diversificar el negocio y ampliar su ámbito de actuación.

4. Justificación del proyecto

Follow-up_Sponson-updated_21-03-14 (2) [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

	A	B	D	F	G	H
	PART NUMBER	DESCRIPTION	SUPPLIER	FECHAS ACTUALIZADAS MECANIZADO	FINAL PROCESSES FINISHING DATES	OBSERVATIONS
1						
2						
3	390-43276-001	SHIM, FITTING-MLGB SPONSON, AL		11/04/2014	N/A	PO OGMA RECEIVED 28/02, RAW MATERIAL ARRIVING
4	390-43293-001	FITTING, STOPPER-MLGB SPONSON, AL	Osvima-Spec38	31/03/2014	11/04/2014	PO OGMA RECEIVED 28/02
5	390-43293-002	FITTING, STOPPER-MLGB SPONSON, AL	Osvima-Spec38	31/03/2014	11/04/2014	PO OGMA RECEIVED 28/02
6	390-43356-001	STRINGER, CENTER-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	18/03/2014	04/04/2014	IN FINAL PROCESSES AYA 19/03
7	390-43356-002	STRINGER, CENTER-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	18/03/2014	04/04/2014	IN FINAL PROCESSES AYA 19/03
8	390-43357-001	STRINGER, LOWER-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	31/03/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
9	390-43357-002	STRINGER, LOWER-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	31/03/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
10	390-43359-001	STRINGER, LOWER-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	28/03/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
11	390-43359-002	STRINGER, LOWER-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	28/03/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
12	390-43367-401	FRAME 01-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	28/03/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
13	390-43367-402	FRAME 01-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	28/03/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
14	390-43368-001	FRAME 01-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	26/03/2014	08/04/2014	WO IN PROCESS
15	390-43368-002	FRAME 01-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	26/03/2014	08/04/2014	WO IN PROCESS
16	390-43371-401	FRAME 02-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	01/04/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
17	390-43371-402	FRAME 02-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	01/04/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
18	390-43372-001	FRAME 02-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	28/03/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
19	390-43372-002	FRAME 02-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	28/03/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
20	390-43400-401	SUPPORT, CHAFF & FLARE-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	02/04/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
21	390-43400-402	SUPPORT, CHAFF & FLARE-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	02/04/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
22	390-43401-401	SUPPORT, CHAFF & FLARE-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	02/04/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
23	390-43401-402	SUPPORT, CHAFF & FLARE-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	02/04/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
24	390-43438-001	STRINGER, CENTER-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	24/03/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
25	390-43438-002	STRINGER, CENTER-FWD II SPONSON, AL	Osvima-Spec38	24/03/2014	11/04/2014	WO IN PROCESS
26	390-43531-001	FITTING DOOR 01, FR02-MLGB SPONSON, AL	Osvima-Spec37	28/03/2014	11/04/2014	PO OGMA RECEIVED 28/02
27	390-43531-002	FITTING DOOR 01, FR02-MLGB SPONSON, AL	Osvima-Spec37	28/03/2014	11/04/2014	PO OGMA RECEIVED 28/02
28	390-43532-001	FITTING DOOR, DOOR-MLGB SPONSON, AL	Osvima-Spec37	28/03/2014	11/04/2014	PO OGMA RECEIVED 28/02
29	390-43532-002	FITTING DOOR, DOOR-MLGB SPONSON, AL	Osvima-Spec37	28/03/2014	11/04/2014	PO OGMA RECEIVED 28/02
30	390-43535-001	SHIM 03, FR 05-MLGB SPONSON, AL	Osvima-Spec38	28/03/2014	11/04/2014	PO OGMA RECEIVED 28/02
31	390-43535-002	SHIM 03, FR 05-MLGB SPONSON, AL	Osvima-Spec38	28/03/2014	11/04/2014	PO OGMA RECEIVED 28/02
32	390-43536-001	SHIM 02, FR 02-MLGB SPONSON, AL	Osvima-Spec38	28/03/2014	11/04/2014	PO OGMA RECEIVED 28/02
33	390-43536-002	SHIM 02, FR 02-MLGB SPONSON, AL	Osvima-Spec38	28/03/2014	11/04/2014	PO OGMA RECEIVED 28/02
34	390-43537-001	SHIM 01, FR 02-MLGB SPONSON, AL	Osvima-Spec37	28/03/2014	11/04/2014	PO OGMA RECEIVED 28/02
35	390-43537-002	SHIM 01, FR 02-MLGB SPONSON, AL	Osvima-Spec37	28/03/2014	11/04/2014	PO OGMA RECEIVED 28/02

Ilustración 18: Hoja de Excel para el seguimiento de la producción [24].

Pedido

Código Proveedor: ALL METAL SERVICES LTD

Persona de contacto: NP referencia prov.: Moneda local:

PEDEID:2014 140006 - 0

Status: Cerrado

Fecha contable: 02/01/14

Fecha de entrega: 13/01/13

Fecha de documento: 02/01/14

Clase de artículo/ser	Artículo	Descripción de artículo	OF SAP	Part Number	Cantidad	Precio por unidad	Indicador de impuestos	S/totales
1	MP390-43367-40	7050-T7451-PLA38.10 - MEP02-014 - L(700)xLT(130)xST(38.10)mm		390-43367-401-002	4	150,08 EUR	A1	603,52 EUR
2	MP390-43368-00	7050-T7451-PLA38.10 - MEP02-14 - L(780)xLT(180)xST(38.10)mm		390-43368-001-002	4	52,99 EUR	A1	211,96 EUR
3	MP390-43372-00	7050-T7451-PLA38.10 - MEP02-14 - L(900)xLT(190)xST(38.10)mm		390-43372-001-002	4	112,95 EUR	A1	451,80 EUR
4	MP390-43371-40	7050-T7451-PLA50.8 - MEP02-14 - L(750)xLT(120)xST(50.8)mm		390-43371-401-002	4	210,63 EUR	A1	842,52 EUR
5	MP390-43356-00	7050-T7451-PLA85-MEP02-14 - L(390)xLT(130)xST(85)mm		390-43356-001-002	4	79,37 EUR	A1	317,48 EUR
6	MP390-43357-00	7050-T7451-PLA85-MEP02-014 - L(650)xLT(120)xST(85)mm		390-43357-001-002	4	126,60 EUR	A1	506,40 EUR
7	MP390-43438-00	7050-T7451-PLA85-MEP02-014 - L(650)xLT(120)xST(85)mm		390-43438-001-002	4	117,29 EUR	A1	469,16 EUR
8	MP390-43401-40	7050-T7451-PLA85-MEP02-014 - L(675)xLT(130)xST(86.90)mm		390-43401-001-002	4	362,60 EUR	A1	1,450,40 EUR
9	MP390-43400-40	7050-T7451-PLA120 - MEP 02-014 - L(680)xLT(130)xST(120)mm		390-43400-401-002	4	501,36 EUR	A1	2,005,44 EUR
10	MP390-43615-40	7050-T7451-PLA50.80 - MEP 02-014 - L(540)xLT(170)xST(50.80)mm		390-43615-401-002	4	82,13 EUR	A1	328,52 EUR
11	MP390-43617-40	7050-T7451-PLA50.80 - MEP02-014 - L(535)xLT(155)xST(50.80)mm		390-43617-401-002	4	74,44 EUR	A1	297,76 EUR
12	MP390-43626-40	7050-T7451-PLA50.80 - MEP02-014 - L(470)xLT(170)xST(50.80)mm		390-43626-401-002	4	71,60 EUR	A1	286,40 EUR
13	MP390-43373-00	7050-T7451-PLA63.5 - MEP02-14 - L(550)xLT(120)xST(63.5)mm		390-43373-001-002	4	83,40 EUR	A1	333,60 EUR
14	MP390-43629-00	7050-T7451-PLA63.5 - MEP02-14 - L(280)xLT(130)xST(63.5)mm		390-43629-001-002	4	43,15 EUR	A1	172,60 EUR
15	MP390-43648-00	7050-T7451-PLA63.5 - MEP02-14 - L(785)xLT(200)xST(63.5)mm		390-43648-001-002	4	176,28 EUR	A1	705,12 EUR
16	MP390-43650-00	7050-T7451-PLA63.50 - MEP02-14 - L(820)xLT(200)xST(63.50)mm		390-43649-001-002	4	180,38 EUR	A1	721,52 EUR
17	MP390-43581-00	7050-T7451-PLA82.55 - MEP02-14 - L(560)xLT(155)xST(82.55)mm		390-43581-001	4	126,55 EUR	A1	506,20 EUR
18	MP390-43585-00	7050-T7451-PLA82.55 - MEP 02-014 - L(480)xLT(120)xST(82.55)mm		390-43585-001	4	88,31 EUR	A1	353,24 EUR
19	MP390-43657-00	7050-T7451-PLA85 - MEP02-014 - L(500)xLT(270)xST(85)mm		390-43657-001-002	4	229,51 EUR	A1	918,04 EUR
20	MP390-43636-00	7050-T7451-PLA25.4 - MEP02-14 - L(880)xLT(470)xST(25.4)mm		390-4636-001-002	4	171,95 EUR	A1	687,80 EUR
21	MP390-43935-00	7050-T7451-PLA38.10 - MEP02-014 - L(650)xLT(100)xST(38.10)mm		390-43935-001-002	8	44,23 EUR	A1	353,84 EUR
22	MP390-43937-00	7050-T7451-PLA38.10 - MEP02-014 - L(530)xLT(90)xST(38.10)mm		390-43937-001-002	4	33,99 EUR	A1	135,96 EUR
23	MP390-43932-00	7050-T7451-PLA63.50 - MEP02-14 - L(790)xLT(120)xST(63.5)mm		390-43932-001-002	4	106,32 EUR	A1	425,28 EUR
24	MP390-43941-00	7050-T7451-PLA63.5 - MEP02-14 - L(800)xLT(120)xST(63.5)mm		390-43941-001-002	4	107,66 EUR	A1	430,64 EUR
25	MP390-43939-00	7050-T7451-PLA63.50 - MEP02-14 - L(470)xLT(100)xST(63.50)mm		390-43939-001-002	4	55,55 EUR	A1	222,20 EUR

Encargado compras: MARIA SANCHEZ

Título:

Comentarios:

OK Cancelar

Total antes del descuento: 17.063,54 EUR

Descuento: %

Porte:

Redondeo:

Impuesto:

Total pago vendido: 17.063,54 EUR

Copiar a

Ilustración 19: Pedido de compra de materia prima [24].

4. Justificación del proyecto

4.2 Por qué organizar la producción mediante un sistema MRP II

La planificación de los recursos de fabricación (MRP II) es una de las aplicaciones software dominantes para la gestión de la producción industrial. El MRP II se caracteriza por ser un completo sistema para la planificación efectiva de las necesidades de recursos productivos, tanto de flujos de materiales como de cualquier recurso que participe en el proceso productivo, por lo que ha constituido una solución integrada en los sistemas ERP ampliamente utilizada en la industria. Esto se debe principalmente a los mejores resultados que confiere a las empresas que los implementan en términos de eficiencia, automatización, o capacidad para responder con rapidez a las condiciones cambiantes. Además, en comparación con otros sistemas, el MRP II presenta una mejor adecuación a las necesidades de empresas como OSVIMA, por lo que como se explica a continuación constituye la opción seleccionada para dar respuesta a la situación en la que la compañía se encontraba [25].

Tradicionalmente, se entendía por MRP, planificación de requerimientos de materiales, es decir a aquellos sistemas que enlazan las funciones de producción desde el punto de vista de control y planificación de material. La esencia de esos sistemas es planificar el abastecimiento de los materiales correctos para la orden correcta y en el momento correcto. Con este objetivo identifican los componentes y materiales necesarios para fabricar los productos finales requeridos, el número exacto de cada uno de ellos y generaban el programa que especificaba las fechas en las que se deberían lanzar y recibir los pedidos o producir cada uno de esos artículos [26].

Para realizar el cálculo y programación de las materias primas, piezas y suministros necesarios para fabricar el artículo final, el sistema MRP empleaban tres fuentes de datos como se indica en la imagen: el programa maestro de producción (MPS), el archivo de la lista de materiales (BOM) y el archivo de registros de inventarios [10].

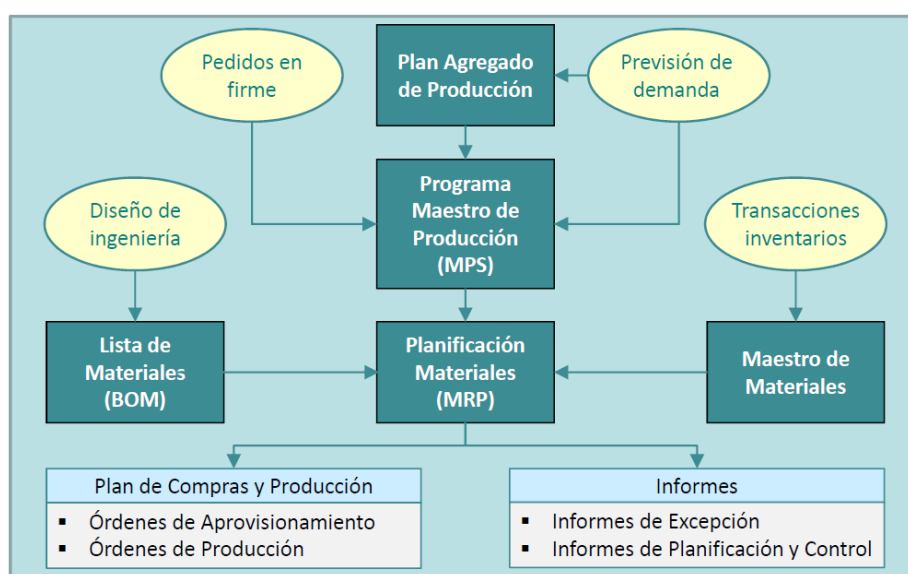


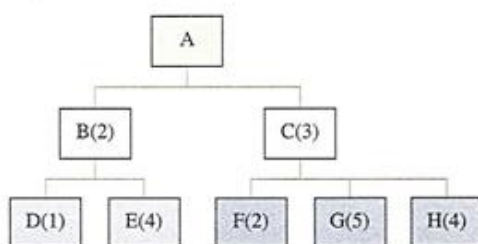
Ilustración 20: Panorámica de los elementos que componen un programa estándar de requerimientos de material y los informes que genera[10].

4. Justificación del proyecto

En primer lugar, el programa maestro de producción (MPS) es el plan con los tiempos desglosados que especifica la cantidad y el periodo en el que la empresa tiene que tener fabricada cada unidad de producto final. Este programa se genera a partir de la combinación de la demanda de producto terminado proveniente de clientes conocidos que hacen pedidos con una fecha de entrega prometida y de la demanda pronosticada [10].

En segundo lugar, el archivo con la lista de materiales (BOM) contiene la descripción completa de los productos especificando materiales, piezas u componentes necesarios por unidad de la pieza de la que forman parte, además de la secuencia en la que se elaboran los productos. Como se ilustra abajo, por ejemplo el producto A se componen de 2 unidades de pieza B y 3 de pieza C. A su vez la pieza B consta de una pieza de D y 4 de E y lo mismo ocurriría con la pieza C. Estas listas de materiales se pueden anotar de forma escalonada para facilitar la identificación de cada pieza y la manera en la que se arma o en listas de nivel único, siendo este más eficiente desde el punto de vista de un programa. Con ese sistema solo se anota cada pieza y componente mostrando solo su antecesora [10].

A. Lista de materiales (árbol estructural del producto) del producto A.



B. Lista de piezas en formato escalonado y de nivel único.

Lista escalonada de piezas		Lista de nivel único	
A		A	
B(2)		B(2)	
	D(1)	C(3)	
	E(4)	B	
C(3)			D(1)
	F(2)		E(4)
	G(5)	C	
	H(4)		F(2)
			G(5)
			H(4)

Ilustración 21: Lista de materiales [10].

Asimismo, es necesario que todas las piezas idénticas de todos los productos finales estén en un mismo nivel para facilitar al software el cálculo del número total de piezas y materiales necesarios de un producto, como se ilustra en la imagen [10].

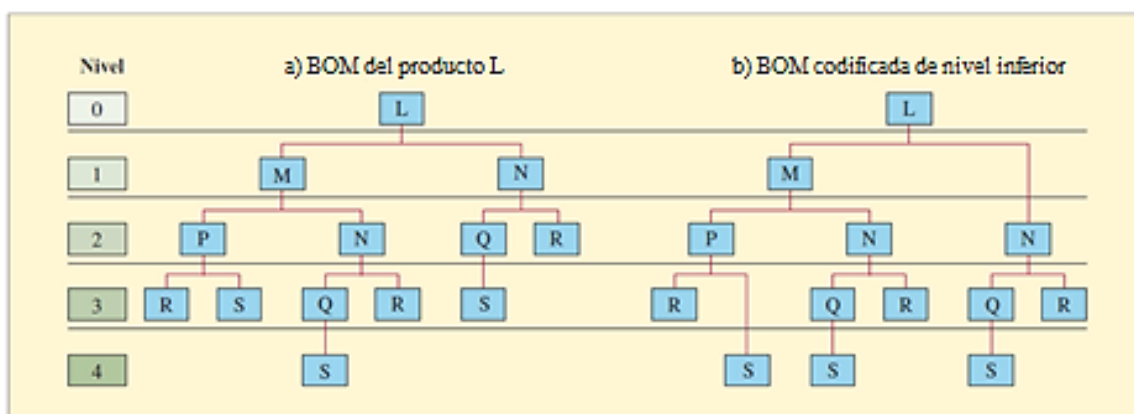


Ilustración 22: Codificación de nivel inferior[10].

4. Justificación del proyecto

En tercer lugar, los registros de inventarios son archivos muy grandes de los cuales el sistema MRP I solo emplea la sección del estado de registro de acuerdo a los periodos especificados. Dicho segmento comprende información acerca de las necesidades brutas, entradas programadas, saldo disponible proyectado o envíos de pedidos planificados [10].

El programa de planificación de requerimientos de materiales trabaja con la información de estas tres fuentes. De modo que el proceso de explosión o de cálculo de necesidades parte del nivel 0 en sentido descendente en la lista de materiales, calculando las necesidades de piezas a partir de las antecedentes y poniendo atención a los saldos actuales y a los pedidos programados por recibir. En esencia el proceso de explosión del MRP constaría de [10]:

1. **Cálculo de las necesidades netas:** se identifican del programa maestro de producción las necesidades de las piezas del nivel 0 o piezas finales (necesidades brutas) y se sustraen los saldos actuales junto con el programa de pedidos que se van a recibir y se determinan así las necesidades netas.
2. **Dimensionamiento de lote:** con las necesidades netas, se calcula cuando deben recibirse los pedidos para satisfacerlas. Se pueden programar los pedidos para que lleguen según las necesidades netas exactas (método lote a lote) o combinando las necesidades de varios periodos (métodos de cantidad fija o de periodo fijo).
3. **Liberación de órdenes en fase de tiempo:** se calcula un programa para cuando los pedidos se deben expedir dado que cada pedido tiene un tiempo de entrega. Esto se realiza al compensar las entradas de pedidos planificados con los márgenes de tiempo necesarios.
4. **Explosión de necesidades:** en esta fase se obtienen las necesidades brutas de las piezas del nivel 1 a partir del programa de expedición de pedidos planificados para las antecesoras de las piezas del nivel 1.

Este proceso se repetiría con los siguientes niveles siguiendo el mismo esquema de actuación hasta completar todos los niveles de la lista de materiales.

El sistema MRP permite así mejorar el servicio al cliente, minimizar la inversión en inventario y maximizar la eficiencia productiva. Sin embargo, hay aspectos como la planificación de los recursos, que como se ha podido apreciar, no considera. Es en estos ámbitos en los que una generación posterior, el MRP II, surge para darles solución [25].

Mediante la incorporación de otras aplicaciones de gestión empresarial al MRP, el MRP II crea una completa solución de gestión en bucle cerrado que toca todas las áreas funcionales principales de negocio y coordina todas las actividades hacia el único objetivo de producir el producto correcto en el momento correcto [27]. Generalmente, suelen incluir aplicaciones de planificación, servicio al cliente (inventario de producto terminando, pronóstico o análisis de ventas), sistemas de ejecución (control de la producción, abastecimiento o gestión de la información de producto) y funciones financieras. Además de definir qué, cuánto y cuándo se debe comprar o producir, también

4. Justificación del proyecto

define qué recursos, en qué cantidad y en qué momento serán necesarios para la consecución de dicha planificación de la producción[25].

A la planificación inicial descrita generada por el MRP seguiría a partir de la información procedente de las hojas de ruta, calendarios, eficiencia, capacidad u otras características de cada recurso el cálculo de la carga de trabajo y los recursos necesarios para poder satisfacer dicho plan (Plan de volumen aproximado de carga). A continuación se compara con los recursos disponibles para identificar sobrecargas. En función de los resultados se procede de diferentes formas, como se muestra en la imagen inferior [27].

Si la capacidad de los recursos es suficiente, se generan los pedidos y órdenes de fabricación. Si por el contrario dichos recursos no tienen capacidad suficiente para llevar a cabo la planificación generada se procede a modificar el plan inicial de producción, por ejemplo asignando las ordenes a otros recursos alternativos para conseguir el equilibrio, y en caso de grandes diferencias podría ser necesario revisar la estrategia de la organización para aumentar o disminuir la capacidad con el objetivo de poder hacer frente a la producción sin retrasos en las entregas [27].

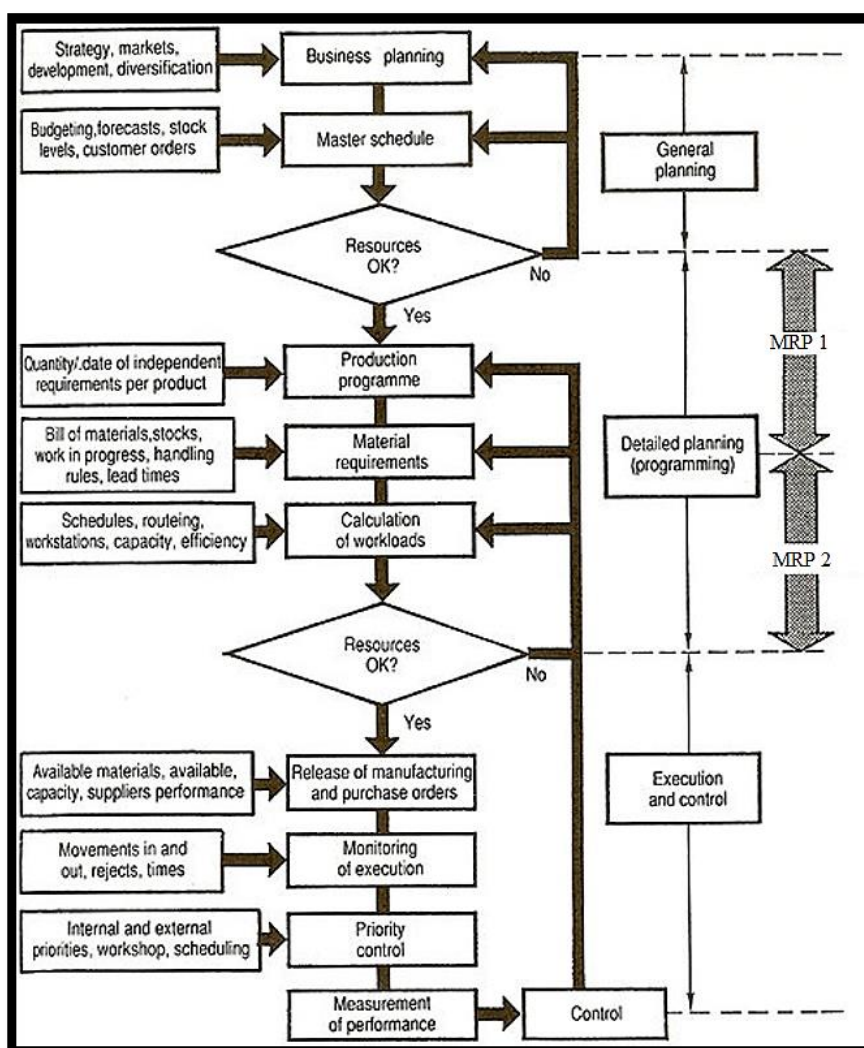


Ilustración 23: Esquema de ejecución del MRP II [28].

4. Justificación del proyecto

A los beneficios aportados por el MRP se añaden planificaciones detalladas que pueden consultarse en cada operación y mediante la retroalimentación desde planta sobre el progreso del trabajo pueden ser actualizadas. Esto ofrece un control más ajustado sobre las operaciones mejorando la productividad. Asimismo, confiere una mayor facilidad de adaptación a los cambios en los pedidos, gestión optimizada de rutas y centros de trabajo o ejecución automática de pedidos entre otras mejoras [27].

Otros sistemas como JIT (Just in Time o Justo a tiempo) compiten con el MRP dado que aportan muchos beneficios en la reducción de tiempos de entrega o trabajos sin terminar, sin embargo presentan inconvenientes como [10]:

- Se limita a la manufactura repetitiva.
- Requiere un nivel estable de producción.
- No permite mucha flexibilidad con los productos elaborados, es decir los productos deben ser semejantes y hay pocas opciones.
- Los proveedores tienen que estar ubicados cerca, porque el sistema depende de se hagan entregas menores y más frecuentes.

Todos estos aspectos, como se observa, chocan con las características de una compañía que produce bajo pedido, como es el caso de OSVIMA. Si se comparan los sistemas MRP con los JIT en estos entornos es un buen esfuerzo implantar los primeros dado que se ajustan mejor a compañías dedicadas a ensamble por pedido o manufactura por pedido, ofreciendo grandes beneficios [10].

Junto a todo esto, muchas son las empresas que utilizan los sistemas MRP para aumentar su eficiencia y desarrollar la habilidad para responder rápidamente a las condiciones cambiantes por medio de software como SAP, siendo Airbus una de ellas. Las operaciones diarias del gigante de la industria aeronáutica dependen altamente de sus aplicaciones SAP de Planificación de los Recursos Empresariales (ERP). De hecho todas las áreas de la compañía emplean SAP y Airbus opera todos los módulos de SAP excepto el módulo de relación de gestión con el cliente (CRM). La confianza depositada en este tipo de aplicaciones, en concreto de la marca SAP, por empresas tan importantes se justifica por los altos resultados que le permite ofrecer [29].

Las grandes constructoras valoran así muy positivamente que sus suministradores incorporen estos sistemas. Por ello, siguiendo su línea OSVIMA se decanta por implantar un módulo MRP II conocido como Be.as integrado en SAP cuyas características se detallan en el siguiente apartado.

En resumen, analizados todos estos aspectos y las posibilidades que ofrecen estos sistemas, una implantación completa del sistema MRP II integrado con un sistema ERP como del que dispone OSVIMA se plantea como la mejor opción para obtener la excelencia en la fabricación. El sistema MRP actuaría como una base de datos integrada

4. Justificación del proyecto

para toda la compañía consiguiendo una planificación de la producción más eficiente ajustando las capacidades, la mano de obra, los inventarios, costes y los plazos de producción, resolviendo los problemas detectados en la organización de estudio.

4.3 Software

SAP ®, Sistema de Aplicaciones y Productos para el procesamiento de datos, es el término general con el que se conoce al software creado y promocionado por la compañía SAP AG. Actualmente, la compañía genera una amplia gama de sistemas ERP de software y de paquetes y soluciones empresariales. Este tipo de soluciones son conocidas como de orientación vertical, ya que presentan soluciones para una columna completa de negocio, como puede ser la industria alimentaria o aeronáutica [30].

De forma general, todo tipo de empresa comparte ciertos procesos comunes como son las finanzas, desarrollo de productos, ventas o gestión de los recursos humanos y para cada uno de ellos SAP proporciona productos que forman la llamada familia de productos mySAP.com [31].

Este software se calcula que es usado de forma regular por más de 12 millones de personas en 120 países y que trabajan para 32.600 empresas debido a su habilidad para integrar varias aplicaciones empresariales. Cada una de ellas representa un ámbito empresarial específico, como planificación, fabricación y distribución, abordadas en módulos [30].

Por medio de una plataforma común en la cual los módulos se comunican entre ellos cualquier cambio en un módulo es comunicado inmediatamente al resto, es decir en tiempo real [30]. La integración que ofrece favorece un tránsito efectivo y fácil de la información entre las diferentes aplicaciones y proporciona una forma de acceso rápida a dicha información para una empresa [32].

La versión utilizada en OSVIMA es SAP Business One la cual presenta múltiples funciones diseñadas para satisfacer las necesidades y desafíos actuales de pequeñas y medianas empresas [33]. A las características generales de los sistemas SAP incorpora mejoras como [34]:

- La integración de MRP que facilita un mayor control de las operaciones y una planificación de material más efectiva para el aprovisionamiento, la adquisición y la producción, mejorando la productividad.
- Integración y mejora de las funciones empresariales críticas como ventas, marketing, clientes, finanzas y operaciones.
- Herramientas de gestión de las relaciones con los clientes para una mejor gestión de las ventas y los servicios a los clientes.
- Flexibilidad para la personalización y ajuste a las necesidades de la empresa.

4. Justificación del proyecto



Ilustración 24: SAP Business One, un sistema integrado para la gestión empresarial [35].

Sin embargo, para empresas manufactureras como OSVIMA que precisan una alta productividad y rentabilidad se requiere una solución global más específica. Be.as Manufacturing es una herramienta de producción avanzada, integrada en SAP Business One, que posibilita la planificación y control de la producción con flexibilidad y es capaz de satisfacer las necesidades de diferentes industrias [36]. Para ello, puede implementarse en módulos especialmente diseñados para la industria manufacturera teniendo en cuenta las necesidades reales de cada empresa y contribuyendo a gestionar su crecimiento. Algunos de las funcionalidades que ofrece son [37]:

- Creación de ofertas basadas en un precálculo que permite la comparación de la información por productos a fabricar (costes totales o marginales).
- Creación automática de órdenes de producción, pedidos de compras y pedidos a proveedores directamente a partir del pedido del cliente, comprobación inicial de la disponibilidad de materiales y programación de las partes externas. Todo ello reduce el ingreso de datos redundantes y los errores.
- Reacción segura y rápida en caso de desviaciones debidas a la información adquirida de la producción.
- Información de los costes finales durante y al final del proceso y comparación con la consecución de objetivos.
- La sección de contabilidad de costes muestra la contribución por periodo, cliente, orden o artículo.
- SAP Business One y el modulo Be.as hacen disponible la información para una correcta toma de decisiones.

4. Justificación del proyecto

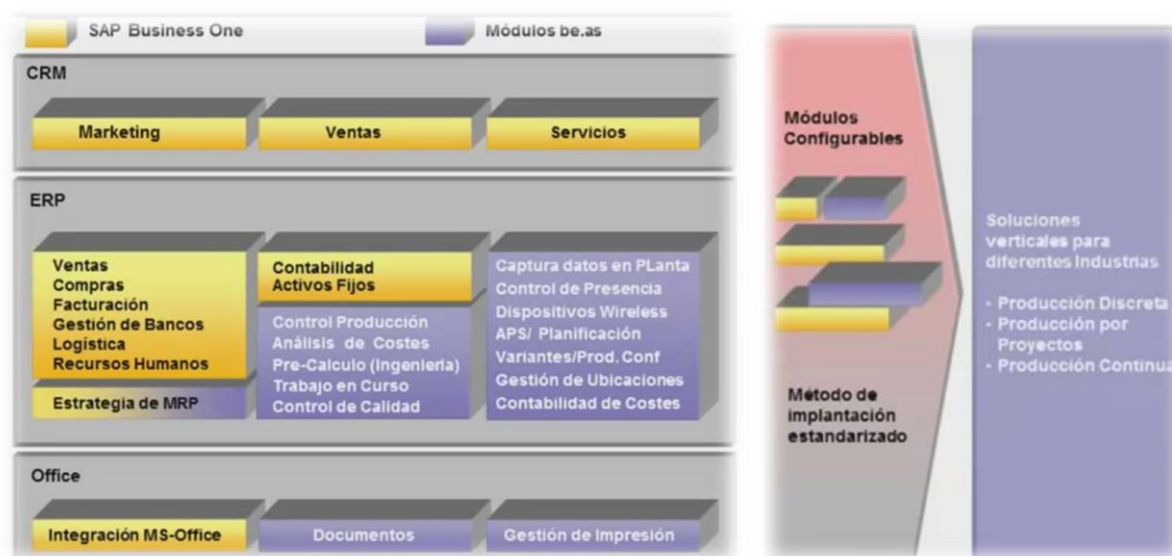


Ilustración 25: SAP Business One y los módulos Be.as [37].

En definitiva, además de proporcionar una funcionalidad general, la solución SAP Bussines One / Be.as Manufacturing se adapta mejor a las compañías con producción especializada, como es el caso de OSVIMA.

5. Planificación inicial del proyecto

Los proyectos de planificación y sistemas de control como los consistentes en la implantación de un software MRP o ERP (patentado como SAP) son altamente complejos. Este tipo de proyectos comprenden complicadas redes de interrelaciones que involucran en su conjunto a toda la compañía donde se quieren implantar. Por ello, suelen ser procesos largos con duración superior al año y, como norma, requieren soluciones para todo el sistema que son dirigidas por empresas consultoras especializadas en dichos procesos.

Conscientes de su complejidad, inicialmente, la empresa decidió descomponer su proyecto global en dos grandes fases: pre-implantación, para la que se ofreció la beca, e implantación del software.

La **primera**, parte central de este informe, se centra en el estudio de la empresa y el software para lograr su adecuación mutua. Con este objetivo en mente, al comienzo se consideró la subdivisión de esta etapa de forma general en: análisis de los problemas, propuesta de soluciones para la integración de la filosofía MRP, diseño y desarrollo de soluciones para dar respuesta a las particularidades de la empresa y prueba de dichas soluciones.

A continuación, se analizó la fase de pre-implantación en mayor detalle y se observó que era posible descomponerla en tareas e hitos más específicos, alcanzando la estructura de planificación un nivel mayor de definición.

De este modo, la estructura constaría de un primer análisis de los problemas generales de la empresa para detectar y definir los problemas originales que han motivado su aparición. Por un lado, para aquellos problemas detectados que estén relacionados con la falta de adecuación a la filosofía MRP, se plantearía una propuesta de soluciones previas a la implantación. Por otro lado, para los que puedan ser abordados directamente con el sistema MRP, se analizaría cómo adaptar el software a las particularidades de la empresa para poder darles respuesta. Posteriormente, se probarían las soluciones desarrolladas mediante simulaciones y se desarrollaría un modo de actuación para cada nuevo artículo a llevar a cabo en la posterior implantación. Finalmente, se cerraría esta fase con la presentación ante los departamentos del sistema propuesto.

Seguidamente, se realizó la asignación de las duraciones (en días hábiles) o fechas de comienzo y fin estimadas para cada etapa. Para ello, se empleó el software de planificación de proyectos Microsoft Project en el que se va detallando cada una de estas etapas e hitos junto con las estimaciones de tiempo a partir de la fecha de comienzo del proyecto (3 de Febrero 2014), como se muestra en la Ilustración 26:

5. Planificación inicial del proyecto

	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Preimplantación	60 days	Mon 03/02/14	Fri 25/04/14	
2	Adaptación de la empresa a la filosofía MRP	15 days	Mon 03/02/14	Fri 21/02/14	
3	Análisis de los problemas	10 days	Mon 03/02/14	Fri 14/02/14	
4	Propuesta de soluciones	5 days	Mon 17/02/14	Fri 21/02/14	3
5	Adecuación del Software a las necesidades de la empresa	40 days	Mon 24/02/14	Mon 21/04/14	
6	Diseño y desarrollo de soluciones	10 days	Mon 24/02/14	Fri 07/03/14	4
7	Prueba de las soluciones	30 days	Mon 10/03/14	Mon 21/04/14	
8	Primera simulación	10 days	Mon 10/03/14	Fri 21/03/14	6
9	Primer cálculo con éxito de la gestión de la materia prima de compras y planificación integral de las necesidades y la producción.	0 days	Mon 24/03/14	Mon 24/03/14	8
10	Segunda simulación	10 days	Mon 24/03/14	Fri 04/04/14	9
11	Primer cálculo con éxito de la gestión combinada de la materia prima.	0 days	Mon 07/04/14	Mon 07/04/14	10
12	Tercera simulación	10 days	Mon 07/04/14	Fri 18/04/14	11
13	Primer cálculo con éxito de la gestión de la materia prima de cliente y planificación integral de las necesidades y la producción de un producto real.	0 days	Mon 21/04/14	Mon 21/04/14	12
14	Definición de un modo de actuación para cada nuevo artículo	32 days	Mon 10/03/14	Tue 22/04/14	6
15	Presentación del sistema MRP ante los departamentos	3 days	Wed 23/04/14	Fri 25/04/14	14;13

Ilustración 26: Resumen de las fases e hitos con fechas de comienzo y fin para las fases previas a la implantación del sistema MRP (Fuente: Elaboración Propia).

Esta fase es de gran importancia, ya que en ella se decide todo lo que se desea conseguir y como se pretende conseguirlo. Además, sentará las bases para la definición del plan de implantación posterior y servirá de guía en cada uno de los pasos que se sigan en su ejecución.

Junto a la definición de las tareas en las que se divide el proyecto y la estimación de sus duraciones, se procedió a definir los recursos humanos y materiales necesarios para su materialización. En este caso la compañía al inicio estimó que para cumplir con el plan sería suficiente con incorporar como recursos humanos un estudiante en prácticas supervisado por un responsable del departamento comercial. Como apoyo ocasional se dispondría también de asistencia telefónica de la empresa consultora suministradora del software.

En cuanto a los recursos materiales, se decidió asignar al estudiante una licencia de superusuario de SAP y Be.as (acceso total a todas las secciones y permisos para modificar las configuraciones) y se creó una empresa ficticia cuya base de datos es una copia del sistema real, como banco de pruebas para las simulaciones.

Acto seguido, teniendo en cuenta la definición de tareas e hitos planteadas y las estimaciones en términos de duración y recursos necesarios, se obtuvo la programación de la secuencia de tareas que han de ejecutarse y su distribución en el tiempo con la ayuda del software mencionado. Por consiguiente, la planificación inicial de la fase de pre-implantación del proyecto quedaría como se muestra en el Gráfico de Gantt representado en la Ilustración 27.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas



Plan de las fases previas para la implantación

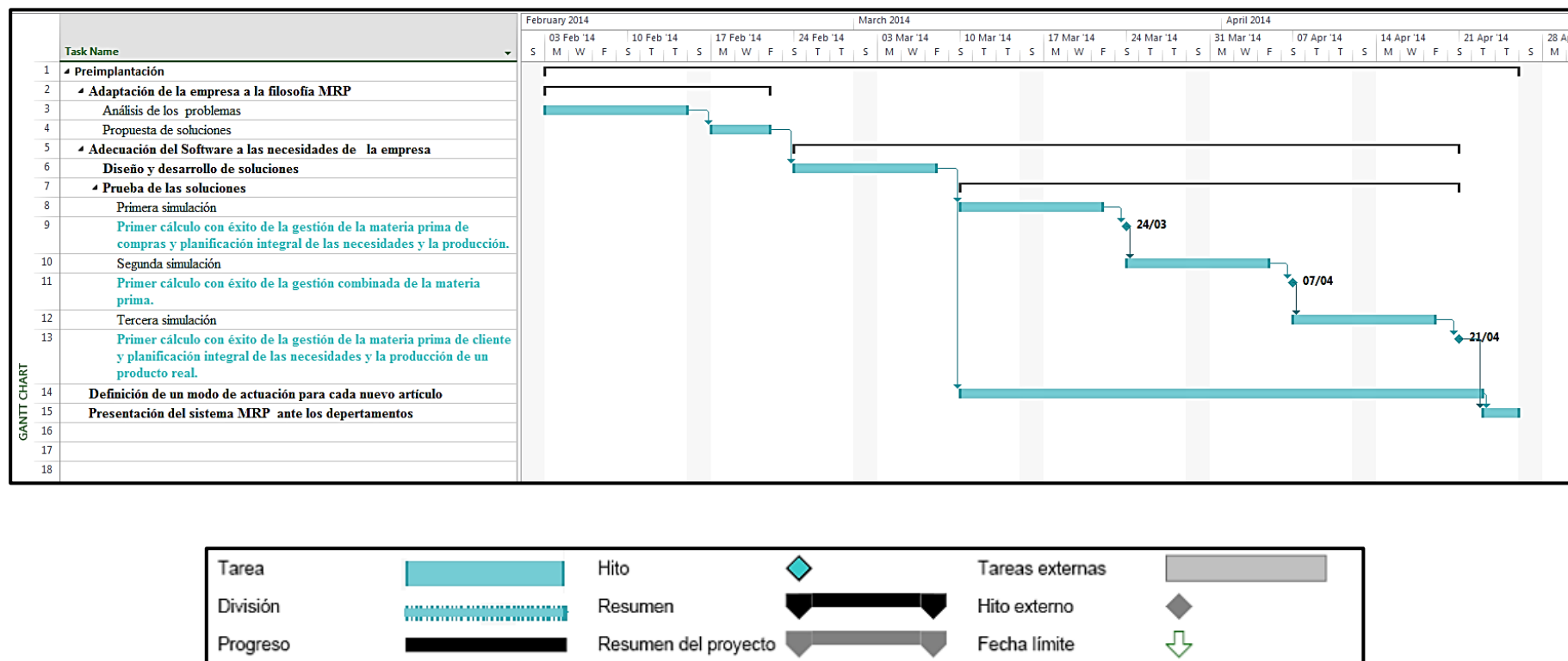


Ilustración 27: Gráfico Gantt del plan inicial de la fase de pre-implantación del sistema MRP (Fuente: Elaboración Propia).

5. Planificación inicial del proyecto

La **segunda gran fase**, la implantación, al comienzo se mantiene definida de forma genérica. Esto es así dado que hasta que no se finalicen las fases previas no se dispondrá del conocimiento suficiente del funcionamiento del software, de la empresa y de sus respectivas necesidades como para poder plantear de forma correcta un plan eficaz de implantación.

Como se aprecia a partir del gráfico, según la previsión realizada por la compañía, se finalizaría la pre-implantación a finales del mes de abril de 2014, tras cerca de 13 semanas de pre-implantación (60 días hábiles).

6. Análisis de los problemas de la empresa

El sistema MRP, como ya se ha comentado previamente, está muy extendido hoy en día y son muchas las empresas que refuerzan su organización con ello. De hecho, hay una gran variedad de software para su aplicación. Sin embargo, no se debe caer en el error de creer que los sistemas MRP y ERP son sistemas informáticos de gestión administrativa, producción y financiera, y que es suficiente con conocer cómo funciona el software para lograr su correcta implantación.

El sistema MRP es mucho más que eso, es una filosofía de trabajo y de gestión integrada en el sistema ERP. Por ello, la implantación del sistema no consiste solo en la puesta en marcha del software, sino que se trata de que los procesos y método de gestión sean acordes a esa filosofía, y es en ese momento cuando el software servirá como herramienta para automatizar la gestión de forma integral.

De este modo, la empresa debe adaptar su modo de trabajo e organización a esta filosofía y el software debe adaptarse a los procesos de la organización, es como un matrimonio en el que ambas partes tienen que llegar a un punto medio. Muchos de los fracasos en la implantación de estos sistemas en las organizaciones se debe a que la empresa no ha interiorizado en su normal funcionamiento dicha filosofía de trabajo o a que el software no se adecua a los procesos de la empresa y por tanto no se saca el partido esperado de un sistema tan eficaz y sencillo como es el MRP.

Un ejemplo que ilustra esta situación es el intento de implantación del software ERP y MRP líder del mercado, SAP, por Ikon Office Solutions Inc.. Esta es una empresa de tecnología para oficina con operaciones en Estados Unidos, Canadá, México, Reino Unido, Francia, Alemania y Dinamarca y que enfocaba sus actividades hacia una estrategia de crecimiento. Para conseguirlo, parece que necesitaba llevar a cabo la implantación de este software. Sin embargo, detuvo su implantación tras haber realizado una importante inversión, dado que observaron que su entorno estaba mal definido para SAP y no cumplía los requisitos necesarios para organizar la empresa [38].

Por consiguiente, es preciso hacer primero un análisis previo de los procesos, organización y problemas de la empresa para poder determinar el grado de integración de dicha filosofía y para tomar las medidas necesarias previas a la implantación del software. Se convierte así en una fase decisiva para poder sentar unos buenos cimientos en los que el resto de la estructura del proceso de implantación pueda ser apoyada, asegurando así el éxito en su posterior implantación.

En esta línea, la primera semana del proyecto se dedicó principalmente al conocimiento del funcionamiento general de la empresa e identificar las causas mediante herramientas y métodos analíticos como: recorridos por planta, entrevistas con empleados y realización de árboles de problemas a partir de los datos recopilados.

6. Análisis de los problemas de la empresa

De esta manera, se hizo para empezar una primera visita guiada por todas las instalaciones con explicaciones detalladas de los procesos de producción y montaje, la tecnología empleada, los controles de calidad seguidos y de la forma de trabajo entre otros aspectos importantes, dirigida por parte del responsable del departamento. Con esta primera técnica se consigue hacerse una idea general del proceso de fabricación antes de enfocarse en la implantación del MRP.

A continuación, se concertaron entrevistas con los empleados y responsables de departamentos para conocer de primera mano las dificultades a las que se enfrentan a diario, su nivel de satisfacción, su perspectiva y sugerencias. Esta segunda herramienta es especialmente útil ya que permite ir cercando las áreas donde surgen los principales problemas.

Posteriormente, partiendo de los datos recopilados a través de los recorridos por planta y las entrevistas con empleados, los problemas generales observados por la gerencia, y las dificultades encontradas para responder a los crecientes desafíos del sector, se emplea el árbol de problemas como herramienta para estructurar y delinear las relaciones entre estas variables. Así se va avanzando nivel a nivel hasta identificar las fuentes potenciales de los problemas, generando el árbol de problemas representado en la Ilustración 28 como resultado.

Como se observa, tres son las áreas principales que se han identificado como las causas responsables de los problemas generales observados por la dirección y de las dificultades para hacer frente a los desafíos del sector en términos de trazabilidad e integración. Estos ámbitos son la cultura organizativa, inventario y gestión de materia prima que se desarrollan en detalle en los próximos subapartados.

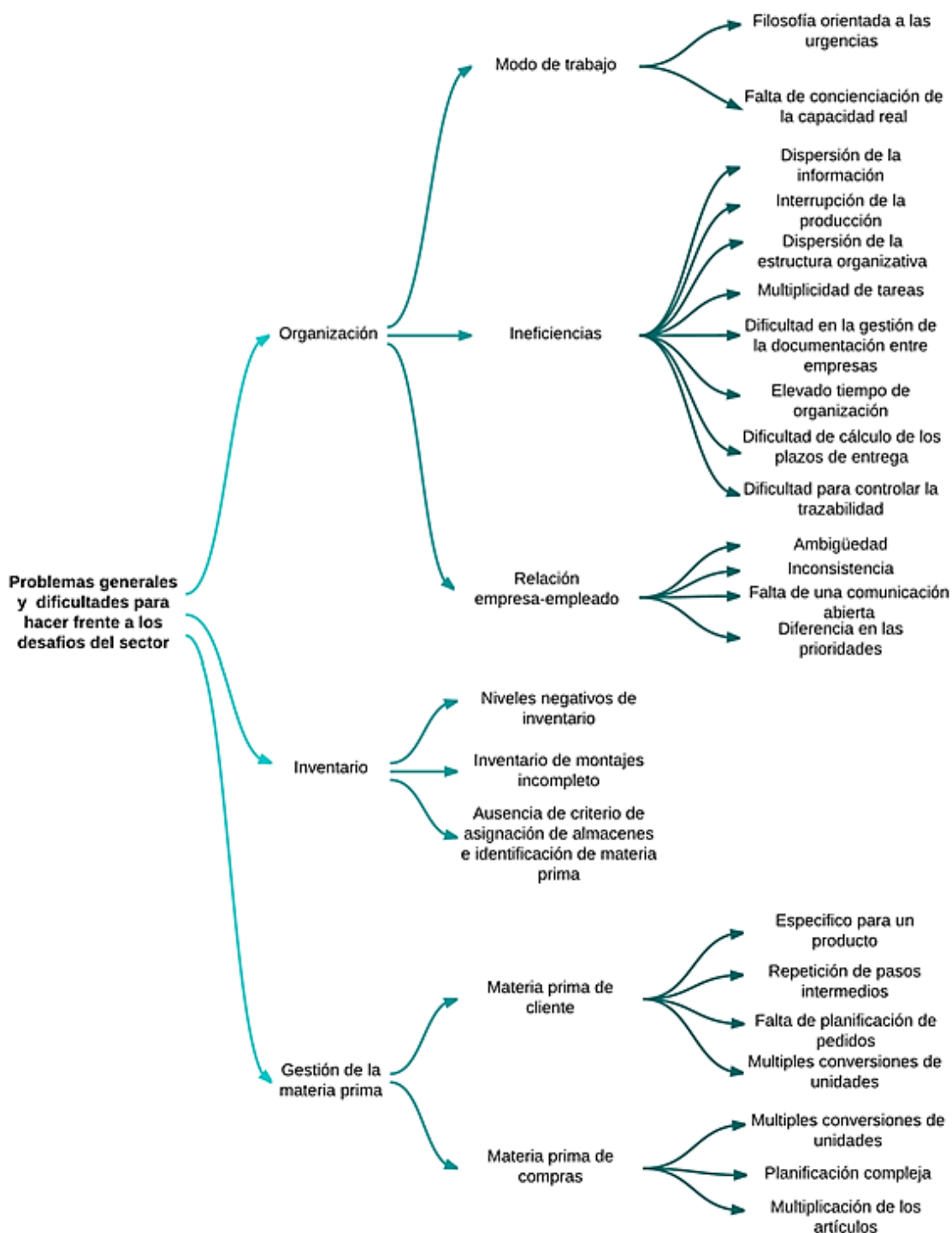


Ilustración 28: Árbol de problemas para la identificación de las fuentes principales de problemas de la organización de estudio (Fuente: Elaboración Propia).

6. Análisis de los problemas de la empresa

6.1 Problemas organizativos

Modo de trabajo

La metodología de trabajo seguida es una de las fuentes de mayores problemas de la organización en estudio. Los retrasos en las entregas y las piezas fallidas hacen que la compañía haya entrado en una dinámica que otorga la preferencia siempre a aquello que es urgente (que no tiene por qué ser lo importante) generando a su vez que los procesos no sean óptimos, aumente su coste y los tiempos de realización. Esto en consecuencia dificulta cumplir con los plazos de entrega previstos, dando lugar a un bucle que se repite sin fin.

Además, dado el alto nivel de facturación que experimentan, esto impide que se detecte las grandes sobrecostes en forma de un goteo constante que se generan derivado de esta forma de trabajo, pudiendo llegar a ser de mayores dimensiones que los ingresos producidos por ciertos proyectos. Incluso, este alto nivel de facturación puede desembocar en la aceptación creciente de proyectos sin tener la certeza de disponer de la capacidad suficiente para poder cumplir con los plazos acordados.

Ineficiencias

Entre las ineficiencias detectadas destacan el alto grado de dispersión de la información a causa de la falta de una base de datos común. La información utilizada por cada departamento, como son las listas de materiales, inventarios o planos entre otros, es registrada en archivos en formato Excel diferentes a los que solo tiene acceso y conocen su localización un número reducido de personas. Estas suelen ser las que tienen contacto directo en su trabajo diario con esa información. Sin embargo, en numerosas ocasiones otros departamentos necesitan hacer consultas con respecto a estos datos y se ven obligados a contactar con la persona que dispone de dicha información para poder continuar con su trabajo, produciéndose por consiguiente numerosas interrupciones y un alto nivel de interdependencia. Así, por ejemplo, el personal de compras tiene que llamar a menudo al almacén para conocer que artículos están en stock para poder realizar los pedidos correspondientes.

Otra fuente de ineficiencias, relacionada con la forma de trabajo por urgencia, es la interrupción de procesos de fabricación para producir otros que tienen una fecha de entrega más próxima y por tanto tienen un mayor carácter de urgencia. Este cambio de actividad continuo sin haber completado la operación anterior generan numerosas interrupciones que conllevan nuevamente a la preparación de las máquinas y herramientas para la fabricación, es decir a la reducción de la eficacia de los procesos optimización de los recursos y la planificación, aumentando costes derivados y el plazo de entrega.

6. Análisis de los problemas de la empresa

Una tercera fuente de ineficiencias es el carácter disperso de la estructura organizativa. Como se explicaba anteriormente, algunos departamentos no existen como tal, por ejemplo el de recursos humanos, y las tareas se reparten entre diferentes departamentos. Esto conlleva que se produzcan interrupciones a la hora de realizar ciertas actividades que están repartidas entre departamentos, aumentando así también los retrasos.

En esa misma línea, la falta de personal por ausencias o por el retraso hace necesario que algunos empleados de un determinado departamento realicen tareas de otro departamento para las que no están preparadas o con las que no se sienten cómodos. Teniendo que empezar de nuevo con el trabajo que había dejado otra persona, abandonar el suyo y por consiguiente generando pérdidas de tiempo al retomar su trabajo tras las interrupciones.

Otro aspecto que consume altas cantidades de tiempo es la generación de documentación entre las tres compañías, como ya se ha mencionado. Este factor multiplica el tiempo de gestión necesario con lo que en algunas ocasiones no se genera o hay retraso en la documentación interna a generar.

El elevado tiempo dedicado a la organización es otro de los elementos a considerar. Al no disponer de procesos bien definidos para la planificación los responsables de la producción deben emplear una gran parte de su tiempo a decidir la prioridad de las actividades, la asignación de máquinas o de operarios. Esto conlleva que dichos responsables estén muy ocupados en tareas rutinarias, viéndose obligados a dejar de lado la elaboración y el seguimiento de la estrategia competitiva de la organización.

Es también importante, tener en cuenta el alto grado de dificultad del cálculo de los plazos de entrega. Hasta el momento no se disponía de un método eficaz para poder calcular con un margen de error aceptable la fecha de finalización de la producción de un artículo. Así los plazos de entrega se venían estimando según la experiencia de los directivos de la compañía. En general dichas previsiones solían ser optimistas y, no se podían cumplir. Sin embargo, para poder ofrecer un servicio de calidad, es imprescindible poder definir y cumplir con los plazos de entrega acordados con el cliente.

Para finalizar con las ineficiencias, hay que señalar que para los productos de montaje el número de orden de fabricación es distinto de los generados para las órdenes de fabricación de sus componentes. Esto implica una mayor dificultad para trazar a qué montajes afectan los componentes procedentes de una orden de producción. Asimismo, los artículos que son gestionados por lotes porque tienen unas propiedades homogéneas, están ligados de una forma indirecta a las órdenes de producción en las que son utilizados y se hace necesario analizar una por una todas las órdenes de producción, incrementando aún más la dificultad de trazarlos.

6. Análisis de los problemas de la empresa

Relación empresa-empleado

Los problemas más comunes en la relación con el personal hacen que las empresas funcionen mucho peor de lo que podrían. En este apartado se muestra una vista general de algunos de las tendencias más significativas observadas durante el análisis de los problemas.

La ambigüedad es una de las fuentes de error más detectadas a nivel general. Esto se debe a la falta de una voz clara y unificada desde los directivos que establezca quién debe hacer qué y quien es responsable del resultado. Si los empleados no saben que se espera que hagan y quién es responsable del resultado, numerosos inconvenientes pueden surgir. Por ejemplo, la inseguridad hace que la gente abandone y hagan lo mínimo porque nadie está al cargo o cada día cambian los objetivos o funciones.

La inconsistencia es otro aspecto que contribuye a aumentar los problemas organizativos. Ciertos empleados pueden percibir que las políticas no son aplicadas de forma igualitaria y justamente. Del mismo modo, las inconsistencias pueden extenderse entre departamentos contribuyendo al desarrollo de recelo entre ellos y debilitamiento el trabajo en equipo.

La falta de una comunicación abierta es otro de los problemas detectados. El desarrollo de una cultura en la organización de estudio donde los empleados se sienten incómodos expresando sus pensamientos, ideas, preocupaciones o sugerencias a los responsables, hace que información importante no sea compartida. Además la creatividad puede quedar reprimida, ciertos temas pueden contenerse hasta que estallan en conflicto o inhibe que los empleados señalen problemas observados dando lugar a que se cometan más errores.

Otro problema de cultura organizativa puede incluir las diferencias en las prioridades entre la empresa y el empleado. Los empleados pueden sentir que la organización se focaliza demasiado en los ingresos, mientras que para los empleados es más importante reducir el volumen pero hacer el trabajo con los recursos necesarios y bien. Asimismo para los empleados es muy importante sentirse valorado, tomado en cuenta y recompensado. En caso contrario, esto puede desembocar en una respuesta negativa en términos de frustración y tensión.

6.2 Problemas de Inventarios

Uno de los principales problemas en esta área es la existencia de niveles de inventario disponible negativos. Esto se debe a que los artículos son sacados de almacén y enviados antes de que sean correctamente recepcionados, ingresados en el inventario y retirados. Para ilustrar esta situación se puede imaginar que se recibe un pedido el cual incluye algunos artículos clave requeridos para la fabricación de un producto final solicitado por un cliente. De tal modo que no hay tiempo para recepcionar, almacenar, retirar y

6. Análisis de los problemas de la empresa

actualizar los valores de inventario. Entonces se decide permitir tomar los artículos recién recibidos en dicho pedido directamente y comenzar a producir con ellos los artículos finales y posteriormente enviarlos. Por lo que se retiran unos artículos que ni siquiera había constancia que estuvieran en stock, generando cantidades negativas.

Otro de los problemas detectados es la ausencia de inventarios de los componentes utilizados para montajes. Aunque se dispone de listas en formato Excel con las existencias de algunas de ellos, la mayoría de las veces los valores son incorrectos y cuando se procede a utilizar un componente que debería estar en existencias no hay stock porque no se han actualizado dichas listas correctamente. Por lo que se precisa hacer un pedido de dichos elementos produciendo retrasos en las entregas de los productos a los clientes.

El tercer origen de problemas con respecto a los inventarios es la falta de un criterio común con respecto a los almacenes definidos y a los artículos que deben asignarse a cada uno de ellos y la designación de los artículos, variando los criterios de forma periódica. Así, por ejemplo, en ciertas ocasiones se pasó de asignar la materia prima del almacén 1 al 10 (sin hacer el consiguiente traslado del stock disponible) y posteriormente de nuevo al 1, siendo otra fuente de inexactitud. Asimismo, algunos artículos de materia prima son identificados con un código genérico que engloba a todo el material del mismo tipo y en otras ocasiones son identificados por el producto final al que se destinan o el mismo código de artículo se repite varias veces en algunos casos con guiones o puntos y en otros sin guiones o con comas.

La falta de exactitud es por tanto uno de los mayores problemas a los que hacer frente en relación a la gestión de inventarios. Como se observa puede tener lugar en forma de cantidades negativas, cantidades incorrectas, localización del stock incorrecta o identificaciones imprecisas. En muchas ocasiones una cantidad inexacta de productos es el resultado de la falta de precisión en alguno de los otros aspectos. Del mismo modo un artículo situado en un almacén incorrecta puede dar lugar a que sea ignorado se busque en el inventario si hay existencias de este.

6.3 Problemas en la gestión de la materia prima

Por último, la gestión actual de la materia prima engloba ineficiencias y problemas con el inventario que se agravan si se quiere pasar a una gestión con mayor integración como demanda el sector. Hasta ahora eran los clientes los que suministraban la materia prima y componentes para la fabricación de los artículos que habían solicitado, sin embargo como ya se ha mencionado cada vez son más los que exigen un mayor nivel de integración de forma que el suministrador se encargue de completamente del abastecimiento de materiales.

En este nivel la materia prima se venía gestionando por unidades tanto si se trataba de placas, perfiles o componentes como casquillos. Esto era útil solo en el caso de que el

6. Análisis de los problemas de la empresa

cliente suministrara una placa o barra para la fabricación de una sola pieza (relación 1:1), sin embargo en el resto de casos (una placa o barra para varios piezas) conllevaba dar entrada en el almacén a la placa o barra, darle salida y cortarla para hacer corresponder una porción por pieza y volver a dar entrada a cada porción asignándoles una determinada pieza final.

Asimismo, al ser suministrado por el cliente estos materiales no tienen coste y por tanto no se hacen pedidos, se espera a que los clientes los envíen. Por lo que es difícil saber con exactitud cuándo van a ser recibidos y planificar toda la producción posterior. Con todo ello se producía un aumento de los pasos intermedios innecesarios, de las redundancias y retrasos, haciendo aún más ineficiente el proceso.

La multiplicidad de conversiones entre unidades es otro elemento que afecta a este tipo de abastecimiento. A pesar de que la unidad de gestión de inventario empleada es la unidad, para poder conocer la cantidad de materia prima necesaria para la fabricación es frecuente la realización de conversiones de unidades a metros cuadrados o lineales y el paso de nuevo a unidades, aspecto que aumenta la complejidad de todo el proceso y es una fuente de ineficiencias.

A ello hay que añadir que el autoabastecimiento de materiales implica una serie de necesidades a incorporar al sistema actual de gestión a las que actualmente no pueden dar respuesta. Por ello hasta ahora están siendo gestionados de un modo provisional pero de nuevo con ineficiencias e ineficaz.

Por un lado, los proveedores de materiales solicitan una cantidad mínima de compra o pedidos múltiples así como ofrecen fechas de entrega de varias semanas en algunos casos, lo que exige una muy buena planificación si se quiere solicitar las cantidades óptimas para todos los órdenes de producción en curso y preparar con antelación los pedidos correspondientes para llegar a tiempo a la fecha de entrega acordada con el cliente.

Por otro lado, las unidades de compras que utilizan los proveedores para los casos de placas o barras son Kg por lo que a la hora de generar los pedidos se necesita hacer la conversión de la unidad (sistema de medida utilizada hasta el momento) a superficie o longitud y posteriormente a Kg y lo mismo en sentido inverso cuando llega una placa o barra al almacén y hay que darle entrada al sistema como unidades, de nuevo repitiendo pasos redundantes y con un alto grado de ineficiencia.

Igualmente no se puede dejar de lado, que al autoabastecerse no hay una restricción en el empleo de una misma materia prima para diferentes productos más allá del espesor, tipo de material y propiedades, a diferencia de la materia prima enviada por cliente que tiene que ser empleada para el artículo concreto que ha contratado el cliente. A pesar de ello, hasta ese momento se empleaba un solo código de artículo de materia prima para el artículo final al que va destinado, siendo inconsistente e innecesario.

6. Análisis de los problemas de la empresa

Como ejemplo se puede considerar el caso de dos placas con los códigos MP390-17819-00 y MP390-17820-00. Estos artículos representan dos placas de aluminio del tipo 7475 con el tratamiento T7351 (que define sus propiedades) y con dimensiones ambas 500x90x38.1 mm que pueden ser empleadas indistintamente para la fabricación de distintas piezas como 390-17819-00 o 390-17820-00. Aun así son identificadas con códigos distintos. Con esta metodología se produce la multiplicación de artículos de materia prima que son idénticas y pueden ser empleadas para la producción de diferentes piezas dado que no hay ningún requisito para que sea una específica, dificultando de esta forma el control y gestión notablemente.

En resumen, esta fase ha tenido un alto grado de complejidad en términos de dimensiones, ya que ha implicado el análisis de toda la organización al completo con sus particularidades e incluso los requerimientos del sector y de los proveedores de materiales. Además la identificación de los problemas no ha sido fácil al comienzo porque en muchos casos estaban enmascarados por factores como la tradición y el personal los consideraban la forma correcta de actuación porque “así es como siempre se había hecho” y habían salido adelante. Sin embargo, el hecho de considerar todos los procesos y actividades sin dar nada por supuesto y cuestionando cada uno de ellos, ha permitido definir las fuentes del problema, haciendo posible la propuesta de soluciones en el siguiente apartado.

7. Propuesta de soluciones

De todos los problemas observados durante el análisis, algunos son resueltos directamente por el software tras su adaptación a las particularidades de la empresa, sin embargo otros requieren medidas previas para su posterior mejora con el sistema de estudio. Por ello, una vez desplegado el árbol y analizadas todas las relaciones que propone, es posible plantear soluciones solo para aquellos problemas detectados que deben ser abordados antes de la implantación, permitiendo así adecuar la filosofía de la organización a la filosofía MRP. Las áreas a mejorar son las indicadas en el árbol: cultura organizativa, inventarios y gestión de la materia prima, que se describen a continuación:

7.1 Cultura organizativa

En cuanto al **modo de trabajo** se considera que se debe enfocar hacia la mejora continua en lugar de hacia las urgencias, haciendo más óptimos los procesos y reduciendo costes, y lo que es más importante enfocar cada actividad hacia la satisfacción del cliente.

Las **ineficiencias** generadas por la hasta el momento estructura organizativa de la empresa y la multiplicidad de tareas se podrían mejorar con la creación, por ejemplo, de un departamento de recursos humanos para unificar y centralizar las actividades relacionadas con dicha área de la empresa, así como la contratación de personal como refuerzo en los departamentos con mayor sobrecarga de trabajo para evitar la multiplicidad de tareas que retrasan notablemente los procesos. Además apostar por la especialización, en su lugar, facilita la optimización del tiempo y mejorar los resultados.

Respecto a los problemas de **relación empresa-empleado**, en general los responsables de organización tienen un cierto control sobre ellos y pueden resolverlos, si son conscientes de los aspectos y tienen la energía y compromiso para ponerles solución. De este modo, lo primero es que la empresa tome conciencia de la presencia de problemas en su relación con los empleados para poder definirlos y entender las particularidades que deben ser abordadas.

Por ejemplo, en los casos en los que la dirección es ambigua en la definición de sus objetivos así como en la asignación de las tareas y responsabilidades y hay inconsistencias, la dirección puede reunirse para discutir qué es lo que la compañía quiere hacer, cómo quiere lograrlo y quién tiene que hacer qué y es responsable del resultado. Seguidamente se deberá comunicárselo al personal para que pueda sentirse más cómodo y seguro trabajando. Asimismo, es importante reducir las diferencias entre departamentos y homogenizar las condiciones para mejorar el ambiente de trabajo y la mentalidad de equipo.

Una de las medidas que más pueden mejorar la comunicación con los empleados es: la realización de encuestas que varían desde la satisfacción del empleado hasta las de sugerencias para obtener comentarios de los empleados. Esta herramienta es

7. Propuesta de soluciones

especialmente útil ya que hace sentir al personal que su opinión cuenta. Además, permite escuchar al trabajador que normalmente tiene mucho que decir porque es el que mejor conoce los problemas diarios y se puede aprovechar esta fuente tan importante de información para la mejorar el funcionamiento de la empresa.

Sin embargo, un punto importante a tener en cuenta es que si se solicitan sugerencias a los empleados, la administración debe evaluar con cuidado esa información y actuar en consecuencia ya que las falsas promesas pueden conducir a los empleados el efecto contrario, criticando aún más a la empresa de lo que lo hacían hasta entonces.

Por último, es especialmente relevante alinear las prioridades de la empresa y los trabajadores. Para ello hay que emprender una metodología orientada a la valoración del trabajo bien hecho y la recompensa de objetivos cumplidos. Esta técnica junto con la búsqueda de la combinación de talento y experiencia pueden transformar notablemente el desempeño general de la empresa, ya que los factores humanos pueden llegar a tener más impacto en los resultados que algunos aspectos técnicos.

7.2 Inventarios

Como se ha observado sin un sistema automatizado, la compañía no sabe a menudo que hay disponible en stock, generando inexactitud en los niveles de inventario. La falta de visibilidad de los niveles reales puede dar lugar a la producción inesperada de escasez de artículos. Esto tiende a ser uno de los problemas principales relacionados con la gestión del inventario dado que puede conducir al no cumplimiento de los pedidos y a clientes descontentos con el servicio.

Por ello, es necesario hacer un recuento de inventarios completos y la activación de la prohibición de cantidades negativas en el sistema, avisando en caso de alguna inconsistencia que lleve a extraer artículos que no están en existencias. No se puede olvidar, lo que es aún más importante: la concienciación en toda la empresa de la importancia de no saltarse ningún paso intermedio y actualizar de forma continua la información disponibles.

Asimismo, se propone crear almacenes de materia prima por clientes para localizar allí la materia prima suministrada por cada cliente y uno general para la materia prima que es comprada y puede asignarse a cualquier código. De este modo, bajo un mismo artículo pero localizado en diferentes zonas del almacén se puede saber el total de materia prima de un tipo determinado y además la cantidad disponible suministrada por cada cliente. Con esta medida se llevaría un control más exhaustivo que con las listas en formatos Excel a la hora de entregar los informes de inventario que solicitan los clientes con respecto a la materia prima que suministran.

Es interesante también la definición de un método común para introducir información (codificación de artículos). Con ello se consigue estandarizar y normalizar el proceso reduciendo el tiempo no productivo perdido derivado de la falta de coherencia entre la información existente al buscar un artículo y no encontrarlo.

7. Propuesta de soluciones

7.3 Gestión de Materia prima

Con respecto a la **gestión de las diferentes unidades** en el manejo de la materia prima, se consideró que la mejor idea para gestionar las diferentes unidades era contabilizar, por un lado, los inventarios en metros cuadrados o metros lineales y, por otro lado, las unidades de compra en kg para los proveedores externos y en unidades para la materia prima suministrada por los clientes. Así se evitaría la repetición de pasos intermedios para asignar porciones de materia prima a un determinado producto derivado de la gestión genérica en unidades. El planteamiento de esta propuesta conlleva implícitamente que el programa deberá adaptarse a esta situación para poder hacer posible las conversiones automáticas entre unidades.

Con respecto a la **gestión global de la materia prima** se consideró que la mejor idea para combinar los casos de materia prima suministrada por el cliente y los de autoabastecimiento, era el empleo de un solo artículo de materia prima que englobe todas las placas o barras del mismo material, propiedades y espesor o longitud respectivamente. En los casos de materia prima asignada a un solo producto final (materia prima enviada por un cliente para la fabricación de un solo artículo) esto se especificaría a nivel del ingreso de dicha entrada de material en el almacén, a nivel de lote, personalización que será diseñada y desarrollada en el siguiente apartado.

Otros aspectos como **la planificación de los pedidos** en general y más en particular para el abastecimiento de materiales suministrados por el cliente son automatizados por el sistema MRP, pero requieren una solución específica para adaptar el software como se explicará en la siguiente sección. Igualmente la consideración de tiempos de entrega, pedidos mínimos o múltiplos es directamente controlada por el sistema MRP.

En resumen, la autoevaluación y análisis de lo que se hace y como se hace permite detectar los puntos más débiles de la empresa que deben ser abordados para interiorizar la filosofía MRP y detectar aquellas particulares que el sistema tendría que resolver. En definitiva la implantación de estas propuestas sentará unas bases sólidas que servirán de apoyo para el resto de la estructura de implantación del software, permitiendo su consecución. Además, la empresa de estudio dispone de una gran capacidad y potencial, que mediante la mejora de los procesos, reconfiguración de flujos, revisión de las políticas, o realineación de la estructura, seguido de la implantación del MRP permitirá obtener la máxima eficacia de su capacidad productiva y mejorar por tanto su desempeño.

8. Diseño y desarrollo de soluciones

Tras la propuesta de soluciones solo para aquellos problemas que requieren ser abordados para adaptar la empresa a la filosofía MRP previos a la implantación, ahora es el turno del software. En este apartado se estudia cómo adaptar el software a todas las necesidades de la empresa y a sus procesos. Para ello, se afronta el diseño de soluciones, primero, mediante el estudio del funcionamiento y el estado para ir profundizando y comprendiendo el modo en el que el sistema interpreta la información. Seguidamente, se definen las soluciones adaptadas a la empresa en estudio.

8.1 Estudio del funcionamiento y estado del programa

Con este objetivo se focalizó la atención en la visualización de videos formativos y en la lectura de libros y manuales de formación acerca de SAP Business One y Be.as. Esta etapa tenía como meta adquirir una idea más clara las posibilidades que podía ofrecer el software para adaptarse a las funciones de la empresa y un conocimiento general de su funcionamiento e utilidades.

A continuación, el trabajo se centró en dos aspectos fundamentales: primero, la familiarización con la interfaz y adaptación a ella (primera toma de contacto), y segundo la comprensión de la metodología de uso en la empresa del sistema SAP (hasta el momento), y el consiguiente análisis de las carencias y necesidades que este presentaba derivadas de dicha forma de utilización.

Para conocer mejor el sistema se comenzó a utilizar el software y a conocer como estaban distribuidos las utilidades y submódulos (Gestión, finanzas, ventas, compras, clientes, inventario, producción o calidad). Paulatinamente se fue accediendo a los diferentes campos con cada una de las opciones que ofrecían. Asimismo, con la ayuda del personal se fue conociendo los procesos de creación de pedidos de compras, clientes u órdenes de producción en los que se empleaba el programa.

Una vez obtenida una cierta familiarización con ambas aplicaciones, se empezó a estudiar el estado de la base de datos de SAP y Be.as los mensajes de error devueltos por el programa y el modo en que la información estaba organizada (como almacenes, clientes o subcontratistas). A partir de ello, se observaron algunos campos de los que dispone el programa para responder a las necesidades de la empresa pero que carecían hasta el momento de información y se desconocía su utilidad como:

- Bases de datos para la identificación exacta de todos los recursos disponibles (máquinas productivas, personal, equipos de medición o equipos auxiliares para envíos).
- Ficha de datos maestros para la definición precisa de los artículos (unidades, proveedores, características de compras, inventarios máximos y mínimos, entre otros).
- Posibilidad de manejar varias unidades diferentes.

8. Diseño y desarrollo de soluciones

- Bases de datos para la gestión de utillajes.
- Activación de la permisión de stock sea negativo.
- Posibilidad de asignar a las órdenes de producción información fundamental para planificar toda la actividad productiva y requerimientos de materiales como asignación de tiempos, recursos, subcomponentes o cantidades de materia prima requerida que no se especificaban hasta ese momento.

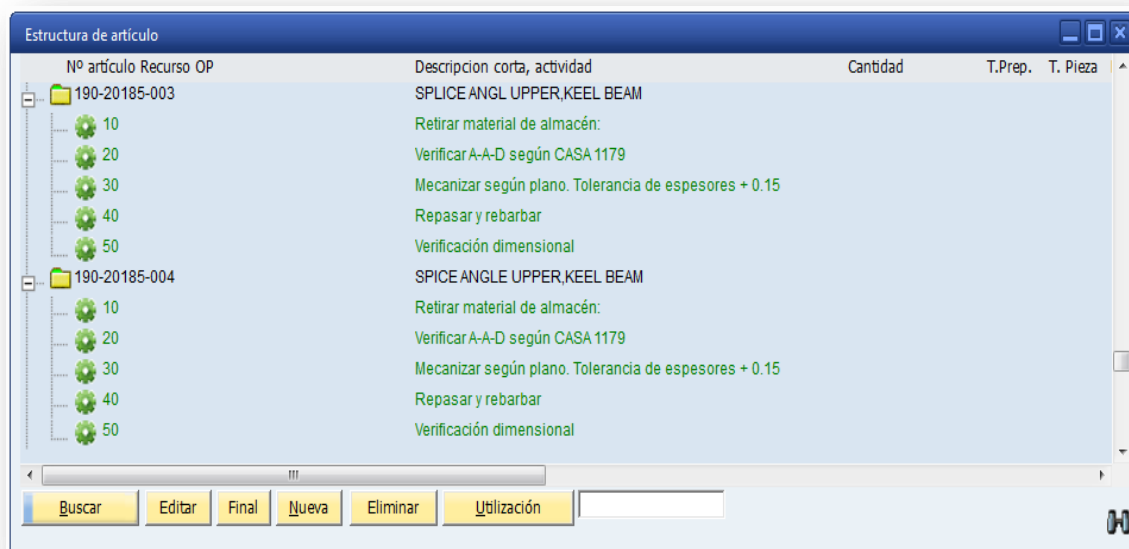


Ilustración 29: Ejemplos de órdenes de producción.

Así se observó que aunque SAP era utilizado en algunos aspectos, la falta de la empresa de la filosofía para sacar el máximo partido a la herramienta había derivado en un uso provisional y laborioso del software, mientras que el módulo Be.as estaba instalado pero no era utilizado. A modo de ejemplo, en la estructura de artículo de la imagen superior se aprecia cómo solo se incluían las descripciones de las operaciones en formato de texto y el artículo final, faltando el resto de todos los aspectos enumerados.

Después se realizaron pequeñas pruebas previas al diseño para conocer las particularidades, términos, posibilidades que ofrece, modo de funcionamiento y patrones de ejecución e interpretación de la información.

Acto seguido, se decidió crear un artículo ficticio con la intención de establecer la información mínima necesaria y un proceso general de ingreso en el sistema de los artículos de forma clara y que facilitara el control de inventarios. Dicho artículo era un producto de mecanizado con aluminio como material para fabricarlo y con diferentes operaciones como corte, mecanizado y tratamientos externos.

Con esa idea, en la sección de inventario se generó una referencia para el nuevo artículo y se procedió a investigar a través de diversas fuentes cada uno de los campos que dicha

8. Diseño y desarrollo de soluciones

sección presentaba. Tras un análisis de qué datos eran relevantes para la empresa, se creó un primer esquema de los datos mínimos requeridos y del proceso a seguir para establecer cualquier artículo en general, teniendo en cuenta posibles particularidades. A grandes rasgos el procedimiento se basaba en:

1. Especificación de los datos maestros de artículo:
 - Datos de planificación.
 - Datos de inventario.
 - Datos de compra o venta.
2. Creación de la hoja de ruta del proceso de producción incluyendo recursos, utillajes y tiempos de producción y de espera.
3. Lista detallada y ordenada de los materiales y componentes y de la posición en la ruta en la que se requirieren.

Estos primeros pasos permitieron ir desarrollando en paralelo algunas ideas para abordar las necesidades de la empresa y adaptar el sistema a sus procesos. Por ello, a partir de estas ideas se diseñaron finalmente las soluciones para darles respuesta.

8.2 Definición de soluciones

En este momento, al disponer de una vista general del funcionamiento del programa es posible definir las soluciones para adaptar y configurar el software a los procesos y necesidades de la empresa. Se parte para ello de aquellos problemas detectados en las fases anteriores que no se resuelven directamente por el programa sino que requieren una configuración especial, y se diseñan las soluciones siguientes, a probar en 3 simulaciones sucesivas.

Gestión de la materia prima de compras

Hay que recordar que entre las dificultades de la empresa para hacer frente al autoabasteciendo de materiales, especialmente de materia prima (perfiles, barras, placas...) en un esfuerzo por ofrecer más integridad a sus clientes había dificultades para gestionar las diferentes unidades y conversión entre ellas, ya que la materia prima puede tener unidades de área (placa) o longitud (barra o perfil) pero al realizar la compra el proveedor solo acepta unidades de masa, kg.

Para dar solución a estos aspectos se decide, en primer lugar, emplear factores de conversión entre las unidades de inventario y compras permitiendo la llegada del material procedente del proveedor en kg y su ingreso en el almacén en dicha unidad. Acto seguido de forma automática el sistema la pasaría a unidad de área en el caso de placas y longitud en el caso de barras o perfiles para su contabilización en el inventario. Asimismo una vez

8. Diseño y desarrollo de soluciones

se conocen las necesidades de materiales en unidades de inventario, los pedidos al proveedor de esa materia prima aparece transformada de forma automática a unidades de masa evitando así las múltiples conversiones mencionadas entre unidades, metros cuadrados o lineales y kilogramos y los errores derivados.

Planificación integral de la producción

En cuanto al control de la capacidad y la planificación de la producción se detectaron diferentes dificultades. La ausencia de procesos bien definidos para la planificación, suponía a tales niveles de fabricación una tarea ingente y muy difícil de controlar. Por ello, los responsables de la producción debían emplear una gran parte de su tiempo a decidir la prioridad de las actividades, la asignación de máquinas u operarios. Asimismo esto daba lugar a la planificación de las necesidades de servicios externos, como tratamientos superficiales, se realizaba de forma independiente y separada del resto de procesos haciendo que no siempre se enlazara a tiempo con la producción, dando lugar a retrasos en las entregas.

Para poder realizar una planificación en conjunto de la producción, se define, en primer lugar, la incorporación de recursos principales y alternativos para habilitar la posibilidad de que en caso de avería de una máquina o recurso se pueda identificar inmediatamente el recurso que puede realizar esa misma operación aunque sea en más tiempo.

En segundo lugar, se considera necesario detallar tanto los turnos de cada recurso, calendarios y rendimiento de cada turno para poder estimar la capacidad disponible en horas reales de cada recurso.

En tercer lugar, sería preciso indicar los tiempos de operación y preparación de todas las operaciones internas. Con ello se logra calcular el tiempo necesario para realizar cada operación de una orden de producción completa, programando cada recurso.

En cuarto lugar, se establecerían las listas de materiales con el objetivo de indicando en cada material la operación en la que se requiere que esté disponible en la empresa poder así hacer los pedidos con el tiempo necesario para que sean entregados en la fecha programada para dicha operación. La incorporación de las listas tiene como objetivo también permitir que todas las órdenes tanto del producto superior como de los componentes tengan el mismo número y se pueda identificar inmediatamente todos los componentes empleados para producir el artículo final y a todos a los que afecta. Esto representaría una gran mejora en la oferta de trazabilidad.

En esta línea, para poder automatizar que los pedidos de subcontratación sean también planificados de acuerdo a la producción y conseguir que no se produzcan interrupciones por no haber realizado los pedidos con suficiente antelación, se define la generación de artículos genéricos que representan dichos servicios. Así por ejemplo, para el caso de tratamientos, se crearía un artículo de tratamientos con una fecha de entrega de 14 días y se incorporaría a la lista de materiales del producto final a producir y se indica también la

8. Diseño y desarrollo de soluciones

operación en la que se requiere que dichos servicios sean finalizados y la pieza esté disponible para comenzar con dicha operación. Además en la ruta se detallaran dichos servicios como operaciones puesto que se requiere que aparezcan para poder controlar la trazabilidad y detectar el origen de posibles fallos. Sin embargo, esas operaciones se especificarán que son realizadas por un recurso externo del que no se llevará control de su capacidad por ser una empresa externa, estableciendo únicamente un tiempo de tránsito entre operaciones

Otro aspecto que consume altas cantidades de tiempo es la generación de documentación entre las tres compañías al llegar un pedido por OSSMA u OSVIMA y luego generar los pedidos internos de subcontratación de servicios de montaje desde OSVIMA a MONTEC. Este factor multiplica el tiempo de gestión necesario con lo que en algunas ocasiones no se genera o hay retraso en la documentación interna a generar.

Para poder mejorar la gestión de las relaciones entre las empresas se propuso que OSSMA dispusiera de una base de datos independiente, solo para la recepción de pedidos de cliente pero sin controlar su planificación dado que la fabricación y compra de materiales se realiza desde OSVIMA puesto que dispone de todos los recursos físicos. Mientras que para gestionar la relación con MONTEC se le consideraría como un subcontratista del servicio de montaje. Esto daría lugar a crear un artículo genérico para el servicio de montaje e indicar tanto su plazo de entrega, 3 días, como la operación en la que se requiere que el servicio estén finalizado y el producto ensamblado entregado para la siguiente operación del proceso productivo. De igual forma que con el resto de servicios de subcontratación se detallaría en el documento de la orden de producción para poder gestionar la trazabilidad pero se planificará de forma global estableciendo días de tránsito, como cualquier otro recurso externo.

Gestión combinada de la materia prima

Como se explicaba en el análisis de soluciones hay materias primas asignadas al producto final teniendo las mismas características lo que da lugar al aumento del número de artículos. Por ello, se propuso como solución agrupar toda la materia prima del mismo material con las mismas propiedades y con el mismo espesor o radio bajo el mismo código de artículo. Con ello se llevaría un mejor control al ser el volumen de artículos menor, además de eliminar las ineficiencias derivadas.

Sin embargo, al combinar materias primas comunes a distintos productos hay que tener en cuenta que pueden tener diferentes formatos, aunque el código de artículo sea el mismo y que además el formato es específico de los lotes de materia prima, como característica del mismo. Por lo tanto como se proponía sería necesario establecer esta diferencia a nivel de lote.

Para poder dar respuesta a esta necesidad de la empresa es preciso adaptar el software. Esto se debe a que el sistema MRP con la configuración estándar discrimina necesidades

8. Diseño y desarrollo de soluciones

a nivel de código de artículo, pero a la hora de evaluar el inventario disponible no discrimina por característica de lote. Por lo que no sería capaz de diferenciar el formato preciso que se requiere para fabricar un producto entre el resto de formatos de materia prima.

Por consiguiente, se requiere introducir en el cálculo de necesidades de materia prima una discriminación por característica de lote a fin de refinar la evaluación de disponibilidad en base a los formatos de los lotes disponibles. Para resolver este nuevo aspecto se plantea una modificación de los parámetros de búsqueda del MRP.

En primer lugar, sería necesario definir los formatos existentes para cada materia prima mediante un código o matchcode. Con este objetivo se utilizaría una Tabla maestra para la materia prima y una tabla vinculada para indicar los formatos de materia prima existentes.

En segundo lugar, en los productos que requieran una materia prima con un formato específico se detallaría dicho formato en la ficha del artículo mediante el uso del campo MATCHCODE. Además se añadiría a ese campo un desplegable para seleccionar entre todos los formatos disponibles.

En tercer lugar, se crearía un campo más en la tabla de ingreso de la materia prima por lotes para identificar el formato del lote. Asimismo en las recepciones de materia prima sería obligatorio informar el formato correspondiente de los disponibles definidos inicialmente.

También, sería preciso incluir una ampliación del proceso de MRP estándar que refine los cálculos de necesidades de materia prima considerando los filtros por característica de lote requerida. Es decir además de por materia prima que distinga por formato.

En definitiva, esta solución permitiría que artículos distintos requieran el mismo formato específico de materia prima, evitando crear diferentes artículos de materia prima asignados a cada uno de esos productos y poder gestionar las existencias globales de esa materia prima y por formato, como por ejemplo por cliente.

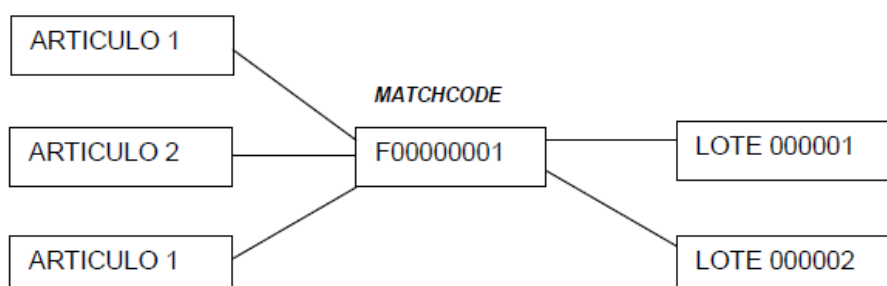


Ilustración 30: Enlace entre productos finales y la materia prima.

8. Diseño y desarrollo de soluciones

Para ver en más detalle la situación, considérese que se dispone en stock en el almacén de 100 m² de una materia prima MP01, por ejemplo placas de espesor 31.2 mm de aluminio 7050 y tratamiento T7351. Estas existencias se supone que están repartidas en cinco lotes:

- Lote 000001: 20 m² del formato F001.
- Lote 000002: 10 m² del formato F001.
- Lote 000003: 20 m² del formato F002.
- Lote 000004: 20 m² del formato F00 2.
- Lote 000005: 30 m² del formato F00 3.

Si ahora hubiera tres artículos que utilizan dicha materia prima pero con diferentes consumos y cantidades:

- Artículo 1: consume 2 m² de MP01, formato F001.
- Artículo 2: consume 3 m² de MP01, formato F002.
- Artículo 3: consume 2 m² de MP01, formato F002.

De estos productos se producen los siguientes requerimientos de producción:

- 20 unidades de Artículo 1 que consumen 40 m² de MP01, formato F001.
- 5 unidades de Artículo 2 que consumen 15 m² de MP01, formato F002.
- 20 unidades de Artículo 3 que consumen 40 m² de MP01, formato F002.

El cálculo realizado por el sistema MRP con la configuración estándar arrojaría una necesidad total de 95 m² de MP01 y como las existencias totales son 100 m² determinaría que no es necesario comprar o solicitar materia prima porque hay suficiente en existencia.

De este modo, la personalización deberá modificar estos resultados aplicando el filtro por formato requerido. Así generaría, por un lado, la demanda de comprar 10 m² del formato F001 dado que para fabricar el artículo 1 se requieren 40 m² y sólo hay en existencias 30 m² y por otro lado, 15 m² del formato F002 puesto que la suma de consumos de los artículos 2 y 3 es 55 m² cuando se dispone en stock sólo de 40 m².

8. Diseño y desarrollo de soluciones

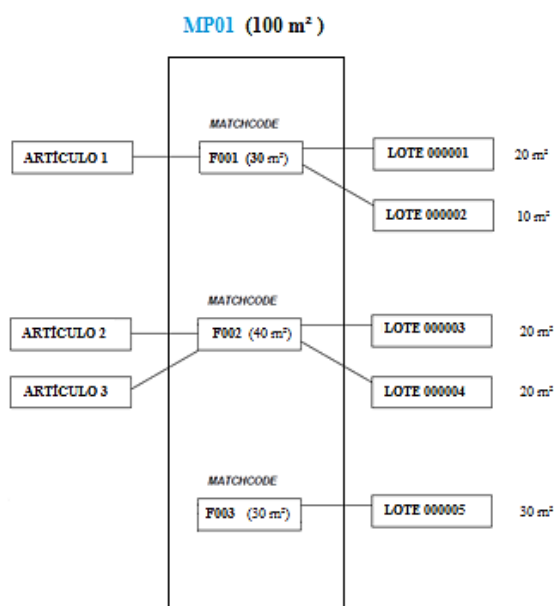


Ilustración 31: Modelo de situación a resolver por la solución planteada.

Estas nuevas propuestas generadas por el MRP deberán reflejar el formato requerido y dicha información debería aparecer en los pedidos de compra que se generen a partir de esa propuesta.

Planificación de la materia prima de cliente

Los principales requerimientos a la hora de planificar el aprovisionamiento de la materia prima surgen, como se ha explicado, de la dependencia del cliente para suministrar la materia prima y por tanto la limitación en la planificación de la producción.

Para dar solución a esta situación se propuso realizar la planificación de dichas materias primas como si se tratara de un pedido cualquiera pero con coste 0 €. Con este objetivo será necesario parametrizar dicha materia prima siguiendo el mismo procedimiento que con la materia prima de compra pero incluyendo en este caso al cliente como proveedor y generando dichos pedidos con un coste 0 €. De esta forma se consigue automatizar los cálculos de la planificación de los requerimientos de materia prima, generar los pedidos correspondientes y planificar el resto de la producción sin necesidad de esperar hasta que la materia prima sea recibida. Por lo tanto, estos pedidos harían las funciones de informar al cliente de las fechas en las que se requiere que dicha materia prima esté disponible en OSVIMA para poder cumplir con la fecha de entrega acordada y las cantidades.

En cuanto a las conversiones de unidades, al mantener una gestión combinada de la materia prima los inventarios serán siempre en metros cuadrados o metros lineales pero en este caso la unidad de compras y empaque será la unidad. Esto es así porque los clientes es la unidad que manejan y la metodología a seguir para automatizar las conversiones será similar a la planteada para la materia prima de compras.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Tras el diseño y desarrollo de soluciones, se procede a su puesta a prueba con el objetivo de analizar la “dinámica del sistema” y ayudar a ver los patrones del sistema que puedan dar lugar a incompatibilidades o situaciones complejas antes de su implantación definitiva.

Entre las ventajas más destacadas de estas técnicas se puede señalar que favorece la mejor comprensión del sistema real, se puede llevar a cabo en paralelo con el normal funcionamiento de la empresa sin interrumpir sus actividades y permite generar un escenario similar al real que dé respuesta a la pregunta ¿qué pasaría si..?, ayudando al desarrollo y propuesta de nuevas ideas. Sería un proceso similar a la comercialización de un medicamento, primero se ensaya en un laboratorio imitando las condiciones reales y, una vez se consiguen los resultados óptimos se aplica al conjunto de la población [10].

Considerando dichos aspectos, se decide emplear la simulación como herramienta para el ensayo y mejora de las soluciones antes de que el sistema real entre en operación a fin de ayudar en su diseño, ver como reaccionaría el sistema a los cambios en sus reglas operativas, evaluar la respuesta del sistema a los cambios en su estructura o definir un modo de actuación para la implantación. Esta técnica resulta muy útil en este caso ya que el tamaño y la complejidad del problema dificultan e imposibilitan el empleo de otras técnicas.

Asimismo, puede entenderse como un entrenamiento en la operación del sistema real dado que muestra los efectos de los cambios en las variables del sistema, el control en tiempo real y el desarrollo de nuevas ideas para mejorar el resultado.

Así la metodología para llevar a cabo el ensayo de las soluciones mediante simulaciones (mostrada en la Ilustración 32) estaría compuesta de: definición inicial del problema, elaboración de un modelo de simulación, especificación de valores y parámetros, ejecución, evaluación de los resultados, validación y propuesta de un nuevo experimento, en los casos que lo precisen.

En primer lugar, se debe definir el problema mediante la especificación de los objetivos e identificación de las variables relevantes controlables e incontrolables del sistema en estudio.

En segundo lugar, es preciso elaborar un modelo para la simulación. Con ese fin se establecen las propiedades del sistema real que deben ser fijas (denominadas parámetros) y cuáles pueden variar a lo largo de la simulación (conocidas como variables). Posteriormente, esos parámetros y variables son definidos siguiendo diferentes criterios.

En tercer lugar, se realiza la ejecución de la simulación y evaluación de los resultados. Si tras estos dos pasos los resultados muestran que las soluciones propuestas no son óptimas o no ofrecen un nivel aceptable, no serán validados y se propondrá otro experimento para

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

analizar el problema desde nuevas perspectivas y mejorar la solución. Si por el contrario los resultados muestran que las soluciones se adecuan satisfactoriamente al problema, se podrá realizar otro experimento para ver qué cambiaría si se emplearan otros valores para los parámetros y asegurar que los resultados son válidos para diferentes escenarios.

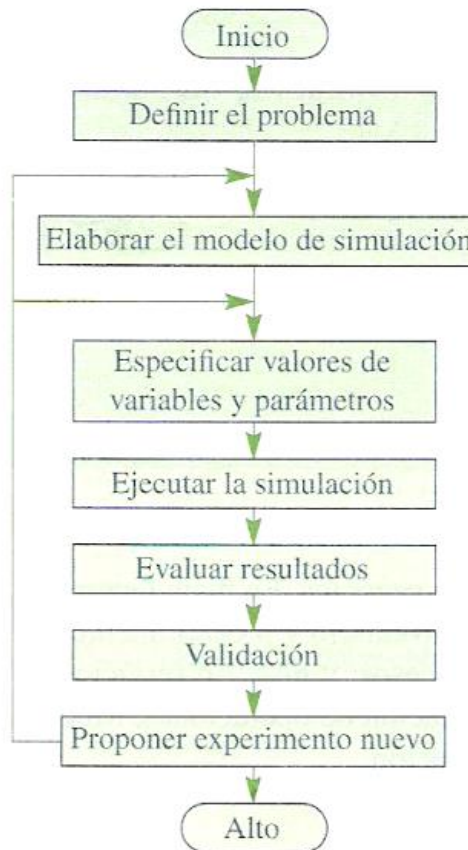


Ilustración 32: Fases principales de un estudio de simulación [10].

Siguiendo estas pautas y conociendo la complejidad de las soluciones diseñadas en el capítulo anterior, se definen 3 simulaciones para poder así ensayar las soluciones por partes y analizar el correcto funcionamiento y adecuación a las necesidades de la empresa en estudio:

- Primera simulación: Gestión de la materia prima de compras y planificación integral de las necesidades y la producción.
- Segunda simulación: Gestión combinada de la materia prima.
- Tercera simulación: Gestión de la materia prima de cliente y planificación integral de las necesidades y la producción con un caso real. El objetivo es ver que cambiaría al emplear otros casos y asegurar la validez y adecuación del procedimiento de actuación desarrollado.

Primera simulación

Definición del problema

A partir de las sugerencias descritas relativas a la gestión de la materia prima de compras y a la planificación y control de la producción, se decide crear ocho artículos complejos imitando a casos reales para implementar dichas soluciones y estudiar su impacto y viabilidad, así como dar solución a otras particularidades del proceso real.

De este modo, las variables más importantes de esta simulación que deben ser estudiadas son las conversiones de unidades, la planificación de necesidades y producción y la programación de la carga de trabajo por recurso productivo.

Elaboración del modelo de simulación y especificación de valores de variables y parámetros

En primer lugar, para elaborar el modelo de simulación se consideran dos productos reales producidos por OSVIMA para AIRBUS con los códigos V2158713000400 y 35-21232-0501 y a partir de ellos se elabora el modelo de simulación. Para ello se definen como propiedades fijas o parámetros la forma, la estructura y las operaciones de la ruta para su fabricación y como variables el resto de propiedades (las dimensiones de la materia prima, las cantidades de la lista de materiales, las unidades, los tiempos de operación, los recursos y utillajes entre otros) que serán definidos posteriormente. Se crean así inicialmente dos artículos basados en los anteriores los cuales se identifican como 999-V2158351320100 y 999-V2158351320000.

El primero de los artículos reales es un ensamble compuesto por una pieza mecanizada (V2158710920400) y dos casquillos (NSA5122Z5-030 y NSA5122Z5-045), como se muestra en el plano y la lista de partes aportada por el cliente (Apéndice B en la sección: Planos y listas de partes). A su vez la pieza es mecanizada a partir de una placa de aluminio de 90mm de espesor suministrada por el cliente siguiendo el tipo 7175 con el tratamiento T7351 como especifica la norma ABS5064.

El artículo ficticio creado a partir de este, 999-V2158351320100, mantiene los parámetros de la estructura bajo los códigos 999-V2158351320100-E para la pieza, 999-012U01108B para ambos casquillos, dado que no aporta más información a la simulación incluir dos códigos distintos, y 999-1111000627 para la materia prima, todos ellos precedidos por el código 999 para identificar todos los artículos simulados. Además se define como modo de aprovisionamiento producir y la explosión de la lista de materiales por orden para el montaje (999-V2158351320100) y la pieza (999-V2158351320100-E). Se selecciona esta opción porque cada producción que se realiza en OSVIMA es bajo pedido, es decir si no hay un pedido de cliente previo no se fabrica de modo que la explosión de los artículos de producción se escogerá siempre por orden.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Mientras que para los casquillos y la materia prima se define como comprar el modo de aprovisionamiento y se gestionan por lotes ya que se trata de elementos homogéneos que provienen de un mismo material. Sin embargo en este caso se asume que la materia prima es adquirida por OSVIMA a través de un proveedor externo eligiendo en este caso AEROMETALLIC.

El segundo de los artículos, 35-21232-0501, como se aprecia en el plano mostrado en el Apéndice B es un eje fabricado a partir de una barra de aluminio de 65 mm de diámetro, dato que se obtiene de la aplicación online SPRINT de AIRBUS donde los suministradores pueden consultar alguna información como estructuras. Este tamaño permite que tras las operaciones de mecanizado y acabado la pieza final mida 60mm. El tipo de aluminio es el 3140 con el tratamiento T351 especificado en la documentación del cliente.

El consiguiente artículo creado 999-V2158351320000 imita al anterior en su forma y tipo de materia prima pero las dimensiones y procedencia de la barra son modificadas (variables). En este caso la barra de aluminio con la que se fabrica es identificada como 999-15-5PH-ROD19 por ser un código muy común. En este caso el modo de aprovisionamiento de producto final se establece como producción con explosión de la lista de materiales por orden y para la materia prima, como comprar, eligiendo el mismo proveedor que en el caso anterior.

A continuación se establecen los parámetros relativos a las unidades para implementar el método de conversión automatizado basado en factores de conversión. Con este objetivo es importante destacar que se dispone de cinco tipos de unidades: unidad de inventario, unidad de consumo, unidad de venta, unidad compra o unidad de empaque.

Para empezar, se establece para ambos casos como unidad de inventario unidades para el montaje, la pieza, los casquillos y para el eje, y para las materias primas metros cuadrados y lineales para la placa y la barra respectivamente. En las unidades de consumo, es decir las unidades que expresan la cantidad necesaria de un material o componente para producir una unidad del artículo final se mantiene el mismo criterio. Para las unidades de venta sería la unidad en el caso del montaje y el eje por ser productos finales y por tanto los únicos artículos que se comercializan. Sin embargo, como ya se ha mencionado, las unidades de compra varían, siendo en el caso de proveedores externos el kg para materia prima como las placas o barras y la unidad para casquillos. La última de las unidades es la de empaque que como norma general será la unidad salvo para la materia prima que será “PLACA” o “BARRA”.

En la compra de la materia prima se estudia la posibilidad de comprar un tamaño de placa o barra estándar que resulte más rentable al ser de mayores dimensiones y llevar a cabo el corte en OSVIMA, reduciendo de este modo costes. Por ello, en estas simulaciones se asumen como valores de placa estándar 5 metros cuadrados y de barra 6m, comprándose siempre la materia prima en estos tamaños salvo excepciones.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Seguidamente, en la sección de compra además del proveedor por defecto para que aparezca automáticamente en el pedido, la unidad de compras y la de empaque, es posible detallar las relaciones entre unidades. Estas relaciones son las que van hacer posible la automatización de las conversiones entre unidades, siendo las principales: artículos en unidad de inventario por unidad de compras (r_1) y cantidad en unidad de compras por unidad de empaque (r_2).

En esta simulación se decide comenzar por la definición de la relación entre la cantidad de artículos y la unidad de compras (r_1) puesto que la automatización de las conversiones entre unidades es uno de los objetivos a poner a prueba en esta simulación. Así los valores asumidos para esta relación en el caso de placa sería $0.375 \text{ m}^2/\text{kg}$.y en el de barra 0.50 m/kg , aunque podrían ser calculados si el criterio se enfocará en definir primero las dimensiones de la placa o barra, empleando la siguiente expresión:

$$r_1 = \frac{1}{\rho \cdot b} \quad (1)$$

Ecuación 1: Relación entre la unidad de inventario y la unidad de compras.

Dónde:

- ρ : densidad del material (kg/m^3).
- b : es el área de la sección transversal en el caso de una barra o perfil (m^2) o el espesor si se trata de una placa (m).
- r_1 : cantidad de materia prima en unidad de inventario (m o m^2 , para barra o placa respectivamente) por unidad de compras (kg), siendo por tanto la unidad en la que se mide m/kg o m^2/kg .

En cuanto a la segunda relación, cantidad por unidad de empaque (r_2), se obtiene de la forma:

$$r_2 = c \cdot \frac{1}{r_1} \quad (2)$$

Ecuación 2: Relación entre la unidad de compras y la unidad de empaque.

Dónde:

- c : tamaño genérico de la barra o la placa de compras, definidas anteriormente como 6 m y 5 m^2 .
- r_2 : cantidad de materia prima en unidad de compras por unidad de empaque (kg/m para barra y kg/m^2 para placa)

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Partiendo de los valores definidos inicialmente para el factor de conversión r_1 (0.375 m²/kg para placa y 0.5 m/kg para barra) resultan los siguientes valores para la simulación:

$$r_2 = 5 \frac{\text{m}^2}{\text{placa}} \cdot \frac{1}{0.375 \frac{\text{m}^2}{\text{kg}}} = 13.33 \frac{\text{kg}}{\text{placa}}$$

$$r_2 = 6 \frac{\text{m}^2}{\text{barra}} \cdot \frac{1}{0.5 \frac{\text{m}}{\text{kg}}} = 12 \frac{\text{kg}}{\text{barra}}$$

Una vez definidos las relaciones, se procede a definir los parámetros: pedido múltiple, pedido mínimo y tiempo de entrega. Tanto pedido múltiple como pedido mínimo se expresan en unidades de compra (kg) y como se ha asumido que las placas y barras se van a comprar en un tamaño estándar pero lo suficientemente grande como para que sea el más rentable, los pedidos van a ser siempre múltiplos de 5 m² y 6m y el pedido mínimo será ese valor pero ambos transformados a kg, es decir 13.33 kg y 12 kg respectivamente, como se resume abajo en la imagen.

Finalmente se establecen los lead times de proveedor de materia prima, siendo 21 días para placa y 10 para barra. Como pedido máximo y mínimo se define 60 y 6 m respectivamente para barra y 25 y 0.5 m² para placa. y como modo de planificación MRP.

Artículo	Unidades de inventario	Unidad de compras	Artículos /Unidad compras	Unidad de empaque	Cantidad/ Unidad empaque	Pedido múltiple	Pedido mínimo	Tiempo de entrega
Placa	m ²	kg	0.375 m ² / kg	Placa	13.333 kg /placa	13.333 kg	13.333 kg	21 días
Barra	m	kg	0.5 m/ kg	Barra	12 kg	12 kg	12 kg	10 días

Ilustración 33: Calendarios modelo para los recursos.

Como se observa en la imagen, otro campo que se puede indicar es el rendimiento para cada calendario. Así para el calendario de lunes a domingo de 24 horas se estima un rendimiento de 86.5 % y para el de lunes a viernes de 11 horas 91.6 %. Este aspecto es especialmente interesante, puesto que permite tener en cuenta que no todo el tiempo es productivo. Por lo que de las horas teóricas el sistema calculará las reales y con ellas podrá repartir la carga de trabajo y considerar con antelación las posibles ineficiencias.

Una vez que los calendarios son creados es posible definir los recursos que intervendrán en la producción de los dos artículos ficticios definidos. Para ello, se incorporan en la

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

base de datos de recursos, indicada en la ilustración 35, y se especifica para cada uno la capacidad teórica en días, el calendario de turnos y en los casos de recursos que estén duplicados o puedan ser controlados por la misma persona se especificaría el número de máquinas por persona, multiplicando así la capacidad de dicho recurso por ese valor. Una vez añadidos algunos recursos imitando a los reales se obtiene la siguiente lista:

Recursos						
Recursos	Administración de Grupos	Todo Recursos	Gráfico de recursos			
Grupo	Descripción	Turno	Nombre	Desde	Interrupción	Carga
CALIDAD						
Grupo de Calidad						
MM1	Recurso para medición manual	L - V 11				45 / 58
MMC1	Máquina de Medición por coordenadas hasta 6 m x L - V 11					11 / 58
MMC2	Máquina de Medición por coordenadas hasta 4 m x L - V 11					9 / 58
INGENIERÍA						
Ingeniería						
PROG_01	Programador 1	L - V 11				/ 51
PROG_02	Programador 2	L - V 11				/ 51
PROG_03	Programador 3	L - V 11				/ 51
PROG_04	Programador 4	L - V 11				/ 51
PROG_05	Programador 5	L - V 11				/ 51
PROG_06	Programador 6	L - V 11				/ 51
MÁQUINAS AUXILIAR						
Máquinas auxiliares						
AUX_01	Sierra de corte	L - V 11				58 / 58
AUX_02	Furgoneta Volkswagen VW4700	L - V 11				/ 58
AUX_11	Envíos de 1 día	L - V 11				56 / 58
AUX_12	Envíos de 3 días	L - V 11				96 / 58
AUX_13	Envíos de 5 días	L - V 11				272 / 58
AUX_21	Personal para salidas de almacén	L - V 11				20 / 173
MÁQUINAS PRODUCTIVAS						
Máquinas productivas						
MAQ_001	DECKEL MAHO DMF 220 Linear	L - D 24				104 / 163
MAQ_002	DECKEL MAHO DMU 125 P hi-dyn	L - D 24				95 / 163
MAQ_003	DECKEL MAHO DMU 125 P hi-dyn	L - D 24				363 / 163
MAQ_004	DECKEL MAHO DMU 125 P hi-dyn	L - D 24				55 / 163
PERSONAL						
Personal						
EMB_01	Personal encargado de embalaje	L - V 11				46 / 58
EMB_02	Personal encargado de embalaje	L - V 11				8 / 58
SUBCONTRATISTA: MECANIZADO Y TRAT.FINALES						
EXT_001	TRAT. SUPERFICIALES - PROCESO EXTERNO					/
EXT_002	MECANIZADO. PROCESO EXTERNO					/
EXT_003	MONTAJES					0 /
EXT_004	TRANSPORTES					0 /

Ilustración 34: Lista de recursos.

A continuación, se incorporan los utillajes necesarios para el mecanizado de los artículos creados. Los utillajes son elementos muy importantes del proceso, ya que en ocasiones pueden llegar a representar cuellos de botella en el proceso productivo. Esto se debe a que para poder realizar el mecanizado es necesario disponer del utillaje específico para esa pieza. De tal modo que si no se dispone del utillaje adecuado se necesitará fabricarlo con anterioridad a la producción de la pieza. Por ello en esta simulación se van a incluir los utillajes para que conste que utillaje es necesario para cada mecanizado y se compruebe si hay disponible para poder realizar la planificación correctamente. En este caso se crean tres utillajes: 999-FRCN-60781, 999-FRCN-61167 y AV670201061003MFIIX-01.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Creados los horarios de turnos, los recursos y los utillajes, es posible generar las hojas de ruta de los dos artículos ficticios partiendo de los procesos para la producción de los dos productos reales.

Así se detallan el tipo de operación (externa, interna, calidad o transporte entre otras) y la descripción detallada de cada una de ellas indicando la normativa a seguir para su realización, como se aprecia en las Ilustraciones 36 y 37 para el artículo de montaje y la pieza de mecanizado que lo forma. También se pueden especificar los recursos principales y alternativos, siendo los primeros en los que más óptimos resulta la realización del proceso en términos de productividad, acabado y eficacia. Además esto es muy práctico para las situaciones en las que la máquina principal no está disponible, ya sea por avería o por retrasos. En tal caso se produciría el cambio a la siguiente máquina indicada como alternativa y los tiempos calculados para la producción se automatizarían.

Ruta Para 999-V2158351320100						
Datos maestros		Lista de materiales		Ruta		Configurador
#	Posición Operación	Tipo	Recurso	Descripción	Unidad	Capacidad Tiempo pieza
1	10 MONT	externaloperation	EXT_003	Montaje	0,000	0,000
2	20 EMB_INSP_FIN_PCA_025	qc	MM1	Inspección final según PCA-00-025.	0,000	0,250
3	30 EMB_EXPEDICION_FINAL	personnel	EMB_01	Proteger y embalar.Expedición según PCA-00-027	0,000	0,250
4	40 EMB_RECEP_GAMESA	operation	AUX_12	Envío cliente	24,000	0,000
5	50 LLEGADA	externaloperation		Llegada	0,000	0,000

Ilustración 35: Hoja de ruta del artículo de montaje 999-V2158351320100, Act Rear Fitting Assy.

Ruta Para 999-V2158351320100-E						
Datos maestros		Lista de materiales		Ruta		Configurador
#	Posición Operación	Tipo	Recurso	Descripción	Unidad	Capacidad Tiempo pieza
1	10 EMB_SAL_FAB	personnel	AUX_21	Salida de almacén Material: Especificacion del material	2,000	0,000
2	20 CORTE MP	operation	AUX_01	Corte MP	0,000	0,500
3	30 EMB_MEC_MEC	operation	MAQ_001	Mecanizar pieza en desbaste y acabado según plano,	1,250	1,250
4	40 EMB_INSP_TEMP	qc	MM1	Inspección e identificación temporal conforme a PCA-	0,000	0,250
5	50 EMB_EXP_SUB_02	personnel	EMB_01	Proteger y embalar conforme a MIL-C-16173. GRADO	0,000	0,250
6	60 TRANS	operation	AUX_12	Transportes internos	24,000	0,000
7	70 AA_SUBCONT_TTFF	externaloperation	EXT_001	SUBCONTRATACION DE TT. FINALES. OPERACIONES	0,000	0,000
8	80 EMB_LIM_ALU_PIG	externaloperation		Limpieza de pieza previa a inspección por líquidos pen	0,000	0,000
9	90 EMB_LIM_INSP	externaloperation		Inspección de limpieza	0,000	0,000
10	100 EMB_DUREZA_ALU	externaloperation		Dureza y conductividadInspeccionar dureza y conduct	0,000	0,000
11	110 EMB_GRI_PEN_001	externaloperation		Inspeccionar pieza con líquidos penetrantes: Tipo 1, S	0,000	0,000
12	120 EMB_LIMP_NE40-012	externaloperation		REALIZAR LIMPIEZA CONFORME A NE 40-012.	0,000	0,000
13	130 EMB_LIM_INSP	externaloperation		Inspección de limpieza	0,000	0,000
14	140 EMB_PRE_CONDUCT	externaloperation		Preparar y proteger para conductividad las zonas indic	0,000	0,000
15	150 EMB_ANOD_CROM_001	externaloperation		Anodizado crómico Clase 1 conforme a NE 40-030.Se	0,000	0,000
16	160 EMB_ANOD_CROM_INSP	externaloperation		Inspección de anodizado según NE 40-030.	0,000	0,000
17	170 EMB_PINT_ANTIBACT	externaloperation		APLICAR PINTURA ANTIBACTERIANA DE ACUERDO C	0,000	0,000
18	180 EMB_PINT_ANTIBAC_INS	externaloperation		INSPECCIONAR PINTURA ANTIBACTERIANA:1) INSPE	0,000	0,000
19	190 EMB_IDENT_BARNIZ	externaloperation		IDENTIFICAR FINAL CONFORME A NE 01-103 Y PCA-I	0,000	0,000
20	200 TRANS	externaloperation	EXT_004	Transportes externos	0,000	0,000
21	210 EMB_INSP_FIN_PCA_025	qc	MM1	Inspección final según PCA-00-025.	0,000	0,250

Ilustración 36: Hoja de ruta de la pieza 999-V2158351320100-E, Act Rear Fitting.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Por su lado, se pueden indicar tiempos de preparación que incluyen la búsqueda de las herramienta o su colocación, tiempos de operación por pieza como el mecanizado o lote, como es el caso del embalaje en el que el tiempo se contabilizará por lote de piezas por ser muy impreciso el cálculo de ese valor por pieza. Para los recursos externos como tratamientos finales o montaje que se van a subcontratar no se va a controlar su capacidad por tanto en lugar de un tiempo de operación, se establece un tiempo de tránsito entre operaciones, siendo 14 días naturales para tratamientos y 3 días para montaje.

Del mismo modo se detallan los utillajes necesarios y se incluyen operaciones que hasta el momento se realizan pero no aparecían en la ruta o aparecían resumidas. En este caso se separan para poder tener en cuenta el tiempo producción necesario para llevarlas a cabo, como envío, transporte y, protección y embalaje como se indica en la hoja de ruta del eje a mecanizar.

#	Posición	Operación	Tipo	Recurso	Descripción	Preparación	Capacidad	Tiempo pieza
1	10	EMB_SAL_FAB	personnel	AUX_21	Salida de almacén Material: Especificacion del materia		2,000	0,000
2	20	CORTE MP	operation	AUX_01	Corte MP		0,000	0,500
3	30	EMB_MEC_MEC	operation	MAQ_001	Mecanizar pieza en desbaste y acabado según plano,		1,250	1,250
4	40	EMB_INSP_TEMP	qc	MM1	Inspección e identificación temporal conforme a PCA-		0,000	0,250
5	50	EMB_EXP_SUB_02	personnel	EMB_01	Proteger y embalar conforme a MIL-C-16173. GRADO		0,000	0,250
6	60	TRANS	operation	AUX_12	Transportes internos		24,000	0,000
7	70	AA_SUBCONT_TTFF	externaloperation	EXT_001	SUBCONTRATACION DE TT. FINALES. OPERACIONES		0,000	0,000
8	80	EMB_LIM_ALU_PIG	externaloperation		Limpieza de pieza previa a inspección por líquidos pen		0,000	0,000
9	90	EMB_LIM_INSP	externaloperation		Inspección de limpieza		0,000	0,000
10	100	EMB_DUREZA_ALU	externaloperation		Dureza y conductividadInspeccionar dureza y conduct		0,000	0,000
11	110	EMB_GRI_PEN_001	externaloperation		Inspeccionar pieza con líquidos penetrantes: Tipo 1, S		0,000	0,000
12	120	EMB_LIMP_NE40-012	externaloperation		REALIZAR LIMPIEZA CONFORME A NE 40-012.		0,000	0,000
13	130	EMB_LIM_INSP	externaloperation		Inspección de limpieza		0,000	0,000
14	140	EMB_PRE_CONDUCT	externaloperation		Preparar y proteger para conductividad las zonas indic		0,000	0,000
15	150	EMB_ANOD_CROM_001	externaloperation		Anodizado crómico Clase 1 conforme a NE 40-030.Se		0,000	0,000
16	160	EMB_ANOD_CROM_INSP	externaloperation		Inspección de anodizado según NE 40-030.		0,000	0,000
17	170	EMB_PINT_ANTIBACT	externaloperation		APLICAR PINTURA ANTIBACTERIANA DE ACUERDO C		0,000	0,000
18	180	EMB_PINT_ANTIBAC_INS	externaloperation		INSPECCIONAR PINTURA ANTIBACTERIANA:1) INSPE		0,000	0,000
19	190	EMB_IDENT_BARNIZ	externaloperation		IDENTIFICAR FINAL CONFORME A NE 01-103 Y PCA-		0,000	0,000
20	200	TRANS	externaloperation	EXT_004	Transportes externos		0,000	0,000
21	210	EMB_INSP_FIN_PCA_025	qc	MM1	Inspección final según PCA-00-025.		0,000	0,250
22	220	MONT	externaloperation	EXT_003	Montaje		0,000	0,000
23	230	EMB_INSP_FIN_PCA_025	qc	MM1	Inspección final según PCA-00-025.		0,000	0,250
24	240	EMB_EXPEDICION_FINAL	personnel	EMB_01	Proteger y embalar.Expedición según PCA-00-027		0,000	0,250
25	250	EMB_RECEP_GAMESA	operation	AUX_12	Envío cliente		24,000	0,000
26	260	LLEGADA	externaloperation		Llegada		0,000	0,000

Ilustración 37: Hoja de ruta del eje mecanizado 999-V215831320000.

También se incluye una nueva operación, el corte de la materia prima. Esta nueva operación no se venía detallando, dado que la materia prima era enviada por el cliente en las dimensiones adecuadas para la fabricación sin necesidad de cortarla, como norma general y en los casos que era necesario cortar se incluía en la operación de mecanizado. Sin embargo, en lugar de comprar la materia prima a la cortada a la medida necesaria para producir un determinado artículo a partir de ahora se comprará materia prima sin cortar y de gran tamaño para disponer de existencias en el inventario e ir cortándola

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

según necesidad. Por ello, es especialmente llevar un control de esta operación por separado del mecanizado.

Seguidamente se detalla la estructura de artículos de cada uno de los productos, con los consumos correspondientes y en orden de necesidad a lo largo del proceso productivo. Como se observa en la imagen se indican la cantidad de cada material necesaria para producir un producto final, por ejemplo para fabricar el producto de montaje 999-V2158351320100 se requieren 2 casquillos, una pieza mecanizada (999-V2158351320100-E) y el servicio de montaje realizado por MONTEC.

Lista de materiales Para 999-V2158351320100						
Datos maestros		Lista de materiales		Ruta	Configurador	
#	Pos	Artículo	Descripción	Cantidad	Unid.	Pos. Ope
1	10	999-012U01108B-2001	CASQUILLO B	2	UND	10
2	20	999-V2158351320100-E	ACT REAR FITTING	1	UND	10
3	30	999MONTAJE00001	Montaje	1	UND	20

Ilustración 38: Lista de materiales del artículo de montaje 999-V2158351320100.

Lista de materiales Para 999-V2158351320100-E						
Datos maestros		Lista de materiales		Ruta	Configurador	
#	Pos	Artículo	Descripción	Cantidad	Unid.	Pos. Ope
1	10	999-1111000628	AL 7475-T7351 B	0,250000	m^2	10
2	20	999TRATFINEXT000001	Tratamientos finales	1	UND	210

Ilustración 39: Lista de materiales de la pieza 999-V2158351320100-E.

A su vez para fabricar la pieza 999-V2158351320100-E se necesitarían 0.25 m² de la placa de aluminio 999-012U01108B-2001 y un servicio de tratamientos superficiales para obtener las propiedades requeridas. Siguiendo las mismas pautas para la fabricación del eje se requerirían 0.15 m de barra (15-5PH-ROD19) y 1 servicio de tratamientos finales Ilustración 41.

Lista de materiales Para 999-V2158351320000						
Datos maestros		Lista de materiales		Ruta	Configurador	
#	Pos	Artículo	Descripción	Cantidad	Unid.	Pos. Ope
1	10	999-15-5PH-ROD19	15-5PH-ROD19	0,150000	m	10
2	20	999TRATFINEXT000001	Tratamientos finales	1	UND	210

Ilustración 40: Lista de materiales del eje mecanizado 999-V2158351320000.

Aunque el procedimiento más óptimo para realizar la parametrización previa a la ejecución de la simulación sería ingresar primero la hoja de ruta y seguidamente las estructuras, inicialmente se hizo en el sentido inverso. Al observar que para cumplimentar la información relativa a las estructuras era necesario conocer la posición de la ruta en la que se emplea cada material se modificó el procedimiento.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Finalmente, tras completar la fase de parametrización, los artículos quedaban definidos detalladamente como se muestra en la estructura del producto ficticio de montaje:

Estructura de artículo									
Nº artículo	Recurso	OP	Descripción corta, actividad	Cantidad	T. Prep.	T. Pieza	Número		
999-V2158351320100			ACT REAR FITTING ASSY						
10	999-012U01108B-2001		CASQUILLO B	2UND					
20	999-V2158351320100-E		ACT REAR FITTING	1UND					
10	999-1111000628		AL 7475-T7351 B	0,250000m²					
20	999TRATFINEXT000001		Tratamientos finales	1UND					
10	AUX_21	EMB_SAL_F	Salida de almacén		2,000				
20	AUX_01	CORTE MP	Corte MP			0,500			
30	MAQ_001	EMB_MEC_	Mecanizar pieza en desbaste y acabado según plano,		1,250	1,250			
10	MAQ_002		DECKEL MAHO DMU 125 P hi-dyn		1,250	2,000			
20	MAQ_003		DECKEL MAHO DMU 125 P hi-dyn		1,250	2,500			
10	999-FRCN-I		FRCN-01-35-21060-1901 (POSICION 1 Y 2)						
40	MM1	EMB_INSP_	Inspección e identificación temporal			0,250			
50	EMB_01	EMB_EXP_S	Proteger y embalar conforme a MIL-C-16173. GRADO 3.			0,250			
60	AUX_12	TRANS	Transportes internos		24,000				
70	EXT_001	AA_SUBCOI	SUBCONTRATACION DE TT. FINALES. OPERACIONES DE I/A:						
80		EMB_LIM_A	Limpieza de pieza previa a inspección por						
90		EMB_LIM_I	Inspección de limpieza						
100		EMB_DURE	Dureza y conductividad						
110		EMB_GRI_F	Inspeccionar pieza con líquidos penetrantes:						
120		EMB_LIMP_	REALIZAR LIMPIEZA CONFORME A NE 40-012.						
130		EMB_LIM_I	Inspección de limpieza						
140		EMB_PRE_I	Preparar y proteger para conductividad las zonas indicadas en						
150		EMB_ANOD	Anodizado crómico Clase 1 conforme a NE 40-030.						
160		EMB_ANOD	Inspección de anodizado según NE 40-030.						
170		EMB_PINT_	APLICAR PINTURA ANTIBACTERIANA DE ACUERDO CON NE 40-						
180		EMB_PINT_	INSPECCIONAR PINTURA ANTIBACTERIANA:						
190		EMB_IDENT	IDENTIFICAR FINAL CONFORME A NE 01-103 Y PCA-00-025						
200	EXT_004	TRANS	Transportes externos						
210	MM1	EMB_INSP_	Inspección final según PCA-00-025.			0,250			
30	999MONTAJE000001		Montaje	1UND					
10	EXT_003	MONT	Montaje						
20	MM1	EMB_INSP_	Inspección final según PCA-00-025.			0,250			
30	EMB_01	EMB_EXPEI	Proteger y embalar.			0,250			
40	AUX_12	EMB_RECE	Envío cliente		24,000				
50		LLEGADA	Llegada						

Ilustración 41: Estructura del artículo de montaje 999-V2158351320100 tras la parametrización.

Como se ve en la imagen en la operación de mecanizado se detalla la máquina principal y alternativa. La máquina MAQ_001 sería la más óptima puesto que en 1.25 horas realiza el mecanizado en comparación con la MAQ_002 y MAQ_003 que lo finalizarían en 2 y 2.5 horas. Por tanto, si se produjera una avería la máquina podría ser sustituida por la siguiente en la lista, ya que es compatible con la primera aunque eso sí, llevaría un mayor tiempo.

También en esa misma operación aparece el utillaje necesario, haciendo mucho más rápida la consulta y comprobación de su disponibilidad.

Otro aspecto a destacar es la ausencia de tiempos en las operaciones de subcontratación, como se indica en la estructura del eje. Esto se debe a que para este tipo de recursos externos, como ya se ha hecho referencia, se asigna un tiempo de tránsito entre

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

operaciones sin especificar el tiempo de cada operación, puesto que la planificación de recursos externos no es objeto de interés para la empresa.

Estructura de artículo								
Nº artículo	Recurso	OP	Descripción corta, actividad	Cantidad	T.Prepar.	T. Pieza	N	
999-V2158351320000				AXIS				
10	999-15-5PH-ROD19		15-5PH-ROD19	0,150000m				
20	999TRATFINEXT000001		Tratamientos finales	1UND				
10	AUX_21	EMB_SAL_F	Salida de almacén		2,000			
20	AUX_01	CORTE MP	Corte MP			0,500		
30	MAQ_001	EMB_MEC_	Mecanizar pieza en desbaste y acabado según plano,		1,250	1,250		
20	MAQ_002		DECKEL MAHO DMU 125 P hi-dyn		1,250	2,000		
30	MAQ_003		DECKEL MAHO DMU 125 P hi-dyn		1,250	2,500		
10	999-FRCN-I		FRCN-01-35-21060-1901 (POSICION 1 Y 2)					
40	MM1	EMB_INSP_	Inspección e identificación temporal			0,250		
50	EMB_01	EMB_EXP_S	Proteger y embalar conforme a MIL-C-16173. GRADO 3.			0,250		
60	AUX_11	TRANS	Transportes internos		8,000			
70	EXT_001	AA_SUBCOI	SUBCONTRATACION DE TT. FINALES. OPERACIONES DE /A:					
80		EMB_LIM_A	Limpieza de pieza previa a inspección por					
90		EMB_LIM_IN	Inspección de limpieza					
100		EMB_DURE	Dureza y conductividad					
110		EMB_GRI_F	Inspeccionar pieza con líquidos penetrantes:					
120		EMB_LIMP_	REALIZAR LIMPIEZA CONFORME A NE 40-012.					
130		EMB_LIM_IN	Inspección de limpieza					
140		EMB_PRE_I	Preparar y proteger para conductividad las zonas indicadas en					
150		EMB_ANOD	Anodizado crómico Clase 1 conforme a NE 40-030.					
160		EMB_ANOD	Inspección de anodizado según NE 40-030.					
170		EMB_PINT_	APLICAR PINTURA ANTIBACTERIANA DE ACUERDO CON NE 40-					
180		EMB_PINT_	INSPECCIONAR PINTURA ANTIBACTERIANA:					
190		EMB_IDENT	IDENTIFICAR FINAL CONFORME A NE 01-103 Y PCA-00-025					
200	EXT_004	TRANS	Transportes externos					
210	MM1	EMB_INSP_	Inspección final según PCA-00-025.			0,250		
220	EMB_01	EMB_EXPEI	Proteger y embalar.			0,250		
230	AUX_11	EMB_RECE	Envío cliente		8,000			
240		LLEGADA	Llegada					

Ilustración 42: Estructura del eje mecanizado 999-V215831320000 tras la parametrización.

Ahora con el objetivo de analizar la planificación y simular la situación real de carga de los recursos y necesidades, a los dos artículos ficticios se añaden 6 más, sumando un total de 8 artículos ficticios. Estos se dividen así en dos grupos con características distintas, el primer grupo se basa en el artículo de montaje (999-V2158351320100) y el segundo grupo al eje con código 999-V215831320000.

En el Apéndice B se indican, por un lado, las listas de partes de los cuatro artículos del primer grupo y por otro los otros cuatro artículos del segundo. En ambos grupos, los artículos comparten una estructura similar en la que solo varía el consumo de materia prima.

Los cuatro primeros representan un conjunto formado por una pieza mecanizada siguiendo cuatro procesos diferentes a partir de una placa de aluminio y dos casquillos para el montaje. Mientras que los últimos se basan en el producto “eje” estudiado.

Con ello se quiere conseguir una mayor ocupación de los recursos para acercarse a lo que ocurre en la realidad. Además se van variando los recursos asignados, como se

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

indica en el Apéndice B para observar cómo se distribuye la carga y como realiza la planificación.

Una vez todos los artículos son completamente parametrizados siguiendo las pautas descritas con los dos primeros artículos se procede a introducir los pedidos resumidos en la tabla inferior.

Tabla 5: Pedidos de cliente.

Producto final	Cliente	Cantidad	Fecha de entrega
999-V2158351320100	AIRBUS	24 UND	01/03/2014
		36 UND	15/06/2014
999-V2158351320101	AIRBUS	3 UND	15/03/2014
		12 UND	15/04/2014
999-V2158351320102	AIRBUS	2 UND	06/03/2014
		5 UND	20/03/2014
999-V2158351320103	AIRBUS	1 UND	15/05/2014
		7 UND	20/07/2014
999-V2158351320000	AIRBUS	50 UND	03/03/2014
		6 UND	10/04/2014
999-V2158351320001	AIRBUS	18 UND	03/06/2014
		24 UND	15/08/2014
999-V2158351320002	AIRBUS	4UND	18/04/2014
		8 UND	18/05/2014
999-V2158351320003	AIRBUS	8 UND	23/05/2014
		12 UND	20/07/2014

Ejecución de la simulación

Tras el ingreso de pedidos de cliente, se genera un escenario específico para el grupo de artículos del que se quiere hacer la planificación y el horizonte de tiempo de interés, en este caso hasta 2015 bajo el nombre escenario de prueba 999, como se indica en la imagen inferior.

MRP: Descripción			
Escenario	Descripción	Último cálculo	Cálculo Autom.
1	PRUEBAMANEJO MRP MIGUEL ANGEL	05/03/2014 13:08:51	<input checked="" type="checkbox"/>
2	ESCENARIO DE PRUEBA - 999	25/03/2014 13:53:55	<input checked="" type="checkbox"/>
3	ESCENARIO DE PRUEBA EXTENDIDO	04/04/2014 12:32:52	<input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 43: Escenario para la ejecución de la simulación.

Definido el escenario, se procede al cálculo MRP de todas las necesidades en el periodo 2014 y para los 8 artículos de pruebas generados y sus materiales, arrojando los siguientes resultados:

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Recomendación de Compras												
Todo Artículo			Artículos de Compra			Artículos de Producción						
#	Artículo	Descripción	Tiempo de Entrega	Inventario mínimo	Existencias	consumos	Entrada	Salida	Saldo Unidad	Almacén	Factor UM	Compra Proveído Fecha de solicitud
1	999-012U01108B-2001	CASQUILLO B	21	0	0	0	0	180	- 180 UND	20	1,0000	P0163 08/02/14
2	999-1111000628	AL 7475-T7351 B	21	0,500000	0,000000	0,000000	0,000000	83,500000	- 84 m^2	01	0,3750	P0210 25/03/14
3	999-15-5PH-ROD19	15-5PH-ROD19	10	6,000000	0,000000	0,000000	0,000000	212,500000	- 218.5 m	01	0,5000	P0359 25/03/14
4	999MONTAJE00001	Montaje	0	0	0	0	0	90	- 90 UND	30	1,0000	P0333 11/02/14
5	999TRATFINEXT000001	Tratamientos finales	0	0	0	0	0	220	- 220 UND	70	1,0000	P0326 07/02/14
6	999-V2158351320000	AXIS	0	0	0	0	0	56	- 56 UND	20	1,0000	27/02/14
7	999-V2158351320001	AXIS 1	0	0	0	0	0	42	- 42 UND	20	1,0000	13/08/14
8	999-V2158351320002	AXIS 2	0	0	0	0	0	12	- 12 UND	20	1,0000	15/05/14
9	999-V2158351320003	AXIS 3	0	0	0	0	0	20	- 20 UND	20	1,0000	17/07/14
10	999-V2158351320100	ACT REAR FITTING ASSY	0	0	0	0	0	60	- 60 UND	20	1,0000	27/02/14
11	999-V2158351320101	ACT REAR FITTING ASSY 1	0	0	0	0	0	15	- 15 UND	20	1,0000	27/02/14
12	999-V2158351320102	ACT REAR FITTING ASSY 2	0	0	0	0	0	7	- 7 UND	20	1,0000	27/02/14
13	999-V2158351320103	ACT REAR FITTING ASSY 3	0	0	0	0	0	8	- 8 UND	20	1,0000	13/03/14
14	999-V2158351320100-E	ACT REAR FITTING	0	0	0	0	0	60	- 60 UND	20	1,0000	17/07/14
15	999-V2158351320101-E1	ACT REAR FITTING 1	0	0	0	0	0	15	- 15 UND	20	1,0000	27/02/14
16	999-V2158351320102-E2	ACT REAR FITTING 2	0	0	0	0	0	7	- 7 UND	20	1,0000	27/02/14
17	999-V2158351320103-E3	ACT REAR FITTING 3	0	0	0	0	0	8	- 8 UND	20	1,0000	27/02/14

Movimientos de mercancía			Orden			Producir			Ingreso actual			Precios			Alternativo		
#	Tipo	Movimientos de materiales planeados	Info	Info 2	Fecha de la orden	S	Fecha de solicitud	Entrada	Salida	Saldo Unidad	Reservado	Tipo	Fecha Entrega	erlocu			
1	Ped. Cliente: 1200340 / 1	AERNNOVA AEROSPA	25/03/14	13	27/02/14			0	50	-50 UND	0						
2	Ped. Cliente: 1200341 / 1	AERNNOVA AEROSPA	25/03/14	13	08/04/14			50	6	- 6 UND	0						

Cancelar	mode	Filtro	Reporte Requerimiento de Producción	Reporte Solicitud de compras	
----------	------	--------	-------------------------------------	------------------------------	--

Ilustración 44: Resultados del cálculo MRP.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

En esta ilustración se observa como el programa indica las necesidades totales por artículo tanto de compra como de producción y también de forma individual por pedido de cliente. Del mismo modo en el cálculo toma en cuenta los casos de inventarios mínimos y máximos, las fechas de entrega y existencias.

Para comprobar si los resultados son correctos, considérese primero el caso de los cuatro montajes (999-V2158351320100, 999-V2158351320101, 999-V2158351320102 y 999-V2158351320103). Agrupando los pedidos ingresados para cada uno de esos artículos las unidades totales que se requieren producir son 60, 15, 7 y 8 unidades, respectivamente.

Si ahora se hace la explosión nivel a nivel se obtiene que se requieren esas mismas cantidades de las piezas de mecanizado (999-V2158351320100-E, 999-V2158351320101-E1, 999-V2158351320102-E2 y 999-V2158351320103-E3) por ser la relación de consumo de una pieza por montaje. Lo mismo ocurre con el artículo de montaje solo que en este caso se agrupan las necesidades de todos los artículos de montaje:

$$\text{Necesidades totales} = 60 + 15 + 7 + 8 = 90 \text{ unidades}$$

En cuanto a los casquillos hay que recordar que el consumo de casquillos por cada uno de los cuatro montajes es 2 unidades, y que agrupando los pedidos ingresados para cada uno de esos artículos, las necesidades totales de casquillos resultan:

$$\text{Necesidades totales} = 60 \cdot 2 + 15 \cdot 2 + 7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 = 90 \cdot 2 = 180 \text{ unidades}$$

Si se desciende un nivel más, a la materia prima y a los tratamientos es necesario considerar otros aspectos. Para la materia prima, se definieron diferentes consumos por cada pieza de mecanizado siendo 0.25, 1, 2.5 y 4.5 m² para las piezas con códigos 999-V2158351320100-E, 999-V2158351320101-E1, 999-V2158351320102-E2 y 999-V2158351320103-E3, en este orden. Así las necesidades de materia prima se obtienen a partir de dichos consumos y las necesidades ya calculadas de estas piezas:

$$\text{Necesidades totales brutas} = 60 \cdot 0.25 + 15 \cdot 1 + 7 \cdot 2.5 + 8 \cdot 4.5 = 83.5 \text{ m}^2$$

Sin embargo, a esto hay que añadir el stock de seguridad definido en la parametrización de la materia prima, 0.5 m², resultando las necesidades totales netas:

$$\text{Necesidades totales netas} = 83.5 + 0.5 = 84 \text{ m}^2$$

Continuando con este nivel, ahora con los servicios de tratamientos hay que tener en cuenta que intervienen en la fabricación de las piezas pero también en la de los ejes, con un consumo en todos los casos de 1 unidad. Por ello, hay que agrupar las necesidades totales de las cuatro piezas y los cuatro ejes. Los ejes por su parte suman 56, 42, 12 y 20 unidades por cada tipo (999-V215831320000, 999-V215831320001, 999-V215831320002 y 999-V215831320003). Por tanto, las necesidades totales del artículo de tratamientos serían:

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

$$\begin{aligned}\text{Necesidades totales} &= (60 + 15 + 7 + 8) + (54 + 42 + 12 + 20) = \\ &= 90 + 130 = 220 \text{ unidades}\end{aligned}$$

Lo mismo se aplicaría a la materia prima en forma de barra al considerar primero los consumos de cada uno de los cuatro ejes y las unidades de ejes solicitadas por el cliente, resultando las necesidades brutas en 212.5 m. Si después se incorpora el inventario mínimo definido de 6 m, entonces las necesidades netas serían 218.5 m.

Así, se observa como los valores devueltos por el sistema MRP coinciden con las necesidades calculadas. Además si se observa la parte inferior de la imagen se puede ver cómo se detallan las necesidades de cada artículo separándolas por pedido. Por ello, para el primer eje (999-V215831320000) se indican las necesidades de 50 y 6 unidades generadas a partir de los dos pedidos de clientes con esas cantidades en las fechas 3/3/2014 y 10/04/2014.

Si ahora se concentra el estudio en la planificación de ese artículo para el pedido de 6 unidades, se observa que se puede abrir directamente las propuestas respecto a la producción de ese producto, como se observa en la imagen inferior:

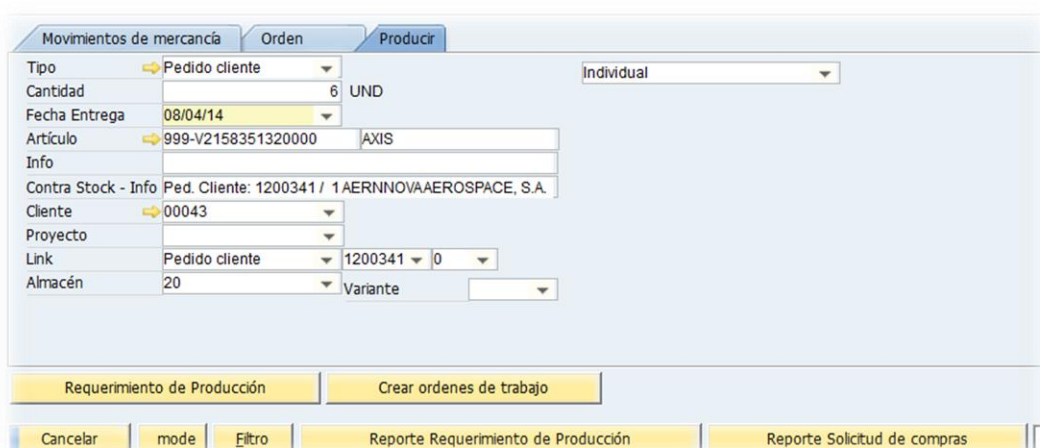


Ilustración 45: Propuesta automática de orden de producción generada por el sistema MRP.

Como se observa prácticamente toda la información está ya cumplimentada. Esto es debido al cuidadoso y detallado proceso de parametrización que se ha realizado desde el comienzo. Por lo tanto, solo quedaría comprobar los datos y modificarlos, si fuera necesario, y posteriormente crear la orden de producción o trabajo.

Además, entre los datos ya están considerados las unidades correctas, el pedido de cliente de origen así como el almacén en el que se depositará el producto final tras su fabricación, el cliente y la fecha de entrega. En este último campo hay que señalar que la fecha de entrega mostrada corresponde con dos días antes a la fecha indicada en el pedido de cliente. Esto es debido a que se ha parametrizado siempre dos días de margen. A partir

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

de esta propuesta se genera el documento correspondiente a esta orden de producción, como se muestra en el Apéndice B.

Lo mismo ocurre si se analizan las propuestas de compra de materia prima asignadas al pedido de cliente indicado. Como se aprecia en la imagen, al generar los pedidos para satisfacer otros pedidos anteriores, las necesidades descontando las existencias de materia prima procedentes de dichos pedidos serían para esa fecha de 0.900 m de barra (0.15 m por cada unidad). Además hay que resaltar que recomienda que el pedido se haga 10 días naturales antes de la fecha en la que se quiere que esté disponible. Esto se debe a que el proveedor se estableció que tenía un tiempo de entrega de 10 días, por lo que si la materia prima tiene que estar disponible con fecha de entrega el día 14/03 la fecha de documento deberá ser al menos el 04/03 para que se respete el tiempo de entrega.

De modo que al abrir la recomendación de compras correspondiente aparece como cantidad 0.9 m y su equivalencia de forma automática a la unidad de compras, 1.8 kg. Pero hay que recordar que se estableció que los pedidos debían ser múltiplos de 12 kg, lo que equivale a barras de 6 m, así el sistema dice que la cantidad de orden es de 12kg.



The screenshot shows the SAP MRP recommendation screen. The 'Movimientos de mercancía' tab is active, and the 'Orden' (Order) button is highlighted. The 'Proveedor' (Supplier) is P0359. The 'Fecha Entrega' (Delivery Date) is 14/03/14. The 'Cantidad' (Quantity) is 0.900000 m, which is converted to 1.800000 kg. The 'Precio' (Price) is 0.00. The 'Artículo' (Material) is 999-15-5PH-ROD19. The 'Info' field shows 'Ped. Cliente: 1200341 / 1.999-V2158351320000 00043'. The 'Proyecto' (Project) is 01. The 'Almacén' (Warehouse) is 01. The 'Link' field shows 'Pedido cliente' and '120034' and '0'. The 'frame contract' field shows 'Precio bruto'. The 'Longitud' (Length), 'Anchura' (Width), and 'Altura' (Height) fields are empty. A system message box on the right says 'Cantidad mínima de orden es 12,000 ¿lo cambia?' (Minimum order quantity is 12,000, do you change it?). The 'Sí' (Yes) and 'No' (No) buttons are visible.

Ilustración 46: Recomendación de compra de materia prima generada por el MRP.

Así, el sistema transforma las unidades directamente a la cantidad mínima y múltiplo en ambas unidades, de compra e inventario.

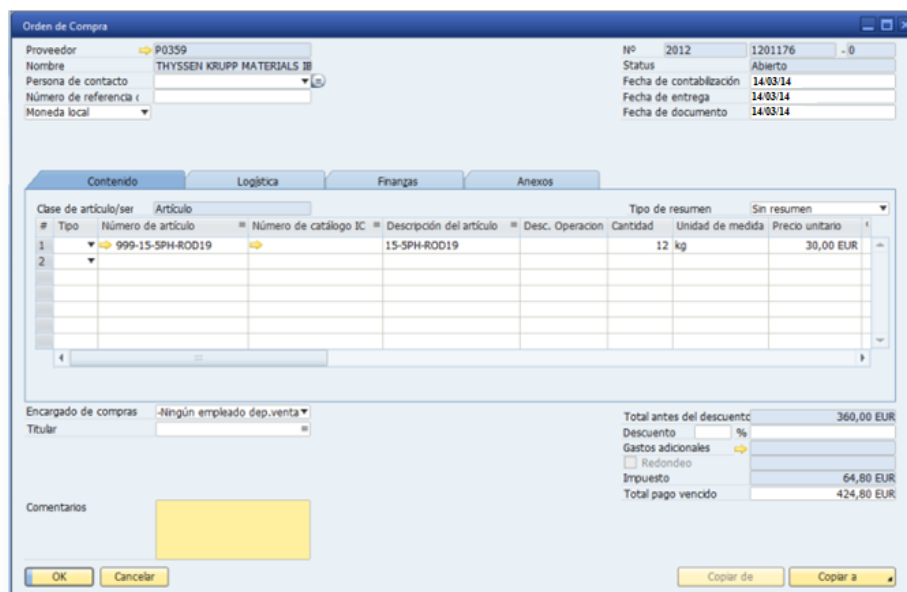


The screenshot shows the SAP MRP recommendation screen. The 'Movimientos de mercancía' tab is active, and the 'Orden' (Order) button is highlighted. The 'Proveedor' (Supplier) is P0359. The 'Fecha Entrega' (Delivery Date) is 14/03/14. The 'Cantidad' (Quantity) is 12.000000 kg, which is converted to 6.000000 m. The 'Precio' (Price) is 0.00. The 'Artículo' (Material) is 999-15-5PH-ROD19. The 'Info' field shows 'Ped. Cliente: 1200341 / 1.999-V2158351320000 00043'. The 'Proyecto' (Project) is 01. The 'Almacén' (Warehouse) is 01. The 'Link' field shows 'Pedido cliente' and '120034' and '0'. The 'frame contract' field shows 'Precio bruto'. The 'Longitud' (Length), 'Anchura' (Width), and 'Altura' (Height) fields are empty. A system message box on the right says 'Cantidad mínima de orden es 12,000 ¿lo cambia?' (Minimum order quantity is 12,000, do you change it?). The 'Sí' (Yes) and 'No' (No) buttons are visible.

Ilustración 47: Recomendación de compra de materia prima actualizada por el MRP.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

A hora ya es posible generar el pedido de compra correspondiente en el que aparece indicado directamente tanto el proveedor como la fecha de entrega y las cantidades en unidades de venta (kg), como se muestra en el pedido del Apéndice B.

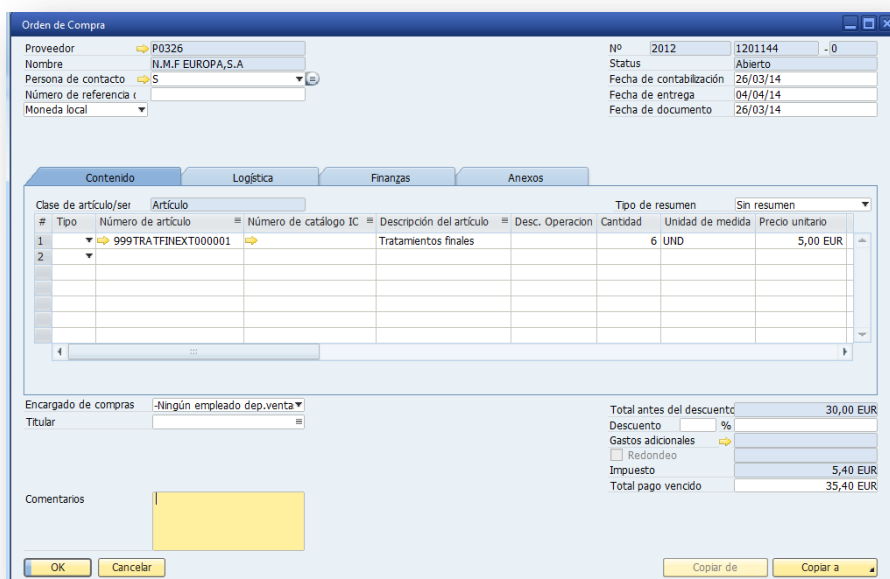


#	Tipo	Número de artículo	Número de catálogo IC	Descripción del artículo	Desc. Operacion	Cantidad	Unidad de medida	Precio unitario
1		999-15-SPH-ROD19		15-SPH-ROD19		12	kg	30,00 EUR

Encargado de compras: -Ningún empleado dep.venta
Titular:
Comentarios:
Total antes del descuento: 360,00 EUR
Descuento: %
Gastos adicionales:
Redondeo:
Impuesto: 64,80 EUR
Total pago vencido: 424,80 EUR

Ilustración 48: Modelo de propuesta de pedido de compra de materia prima.

Si ahora se analiza las propuestas de pedidos generadas para el artículo de tratamientos para este mismo pedido de 6 unidades se observa que la propuesta es de 6 unidades de tratamiento, al ser el consumo de un servicio por producto, generándose el siguiente pedido.



#	Tipo	Número de artículo	Número de catálogo IC	Descripción del artículo	Desc. Operacion	Cantidad	Unidad de medida	Precio unitario
1		999TRATFINEXT000001		Tratamientos finales		6	UND	5,00 EUR

Encargado de compras: -Ningún empleado dep.venta
Titular:
Comentarios:
Total antes del descuento: 30,00 EUR
Descuento: %
Gastos adicionales:
Redondeo:
Impuesto: 5,40 EUR
Total pago vencido: 35,40 EUR

Ilustración 49: Modelo de propuesta de pedido de subcontratación de tratamientos superficiales.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Por último, solo quedaría crear tanto las órdenes de compra como las de producción lo que generaría los documentos. Estos pueden ser aún modificados, eliminados y visualizados en otros formatos como pdf. En el Apéndice C se muestra un ejemplo de pedido de compra en el que se observa que todos los datos aparecen de forma automática y que las unidades de compra ya están en kg. Tras la planificación completa de todas las necesidades generadas por todos los pedidos correspondientes a todos los artículos, el sistema actualiza las necesidades a valores positivos:

Recomendación de Compras										
Todo Artículo Artículos de Compra Artículos de Producción										
#	Artículo	Descripción	Tiempo de Entrega	Inventario mínimo	Existencias	consumos	Entrada	Salida	Saldo Unidad	Almacén
1	999-012U01108B-2001	CASQUILLO B	21	0	0	0	180	180	0 UND	20
2	999-1111000628	AL 7475-T7351 B	21	0,500000	0,000000	0,000000	104,997375	83,500000	20,997375 m^2	01
3	999-15-5PH-ROD19	15-5PH-ROD19	10	6,000000	0,000000	0,000000	276,000000	12,500000	57,500000 m	01
4	999MONTAJE00001	Montaje	0	0	0	0	90	90	0 UND	30
5	999TRATFINEXT000001	Tratamientos finales	0	0	0	0	220	220	0 UND	70
6	999-V2158351320000	AXIS	0	0	0	0	56	56	0 UND	20
7	999-V2158351320001	AXIS 1	0	0	0	0	42	42	0 UND	20
8	999-V2158351320002	AXIS 2	0	0	0	0	12	12	0 UND	20
9	999-V2158351320003	AXIS 3	0	0	0	0	20	20	0 UND	20
10	999-V2158351320100	ACT REAR FITTING ASSY	0	0	0	0	60	60	0 UND	20
11	999-V2158351320101	ACT REAR FITTING ASSY :	0	0	0	0	15	15	0 UND	20
12	999-V2158351320102	ACT REAR FITTING ASSY :	0	0	0	0	7	7	0 UND	20
13	999-V2158351320103	ACT REAR FITTING ASSY :	0	0	0	0	15	8	7 UND	20

Ilustración 50: Necesidades actualizadas tras la planificación de todas las necesidades y la producción.

Evaluación de los resultados

En esta etapa el procedimiento diseñado es objeto de análisis. Con ese objetivo, se estudian la planificación general del proceso productivo, la planificación detallada de los recursos (por horas) y la capacidad utilizada por medio de informes y gráficos como los mostrados en las figuras 52 y 53 para el recurso Sierra de corte. A medida que se analizaban los resultados se incorporaban medidas correctivas hasta obtener unos resultados finales que representaran de forma adecuada el caso real.

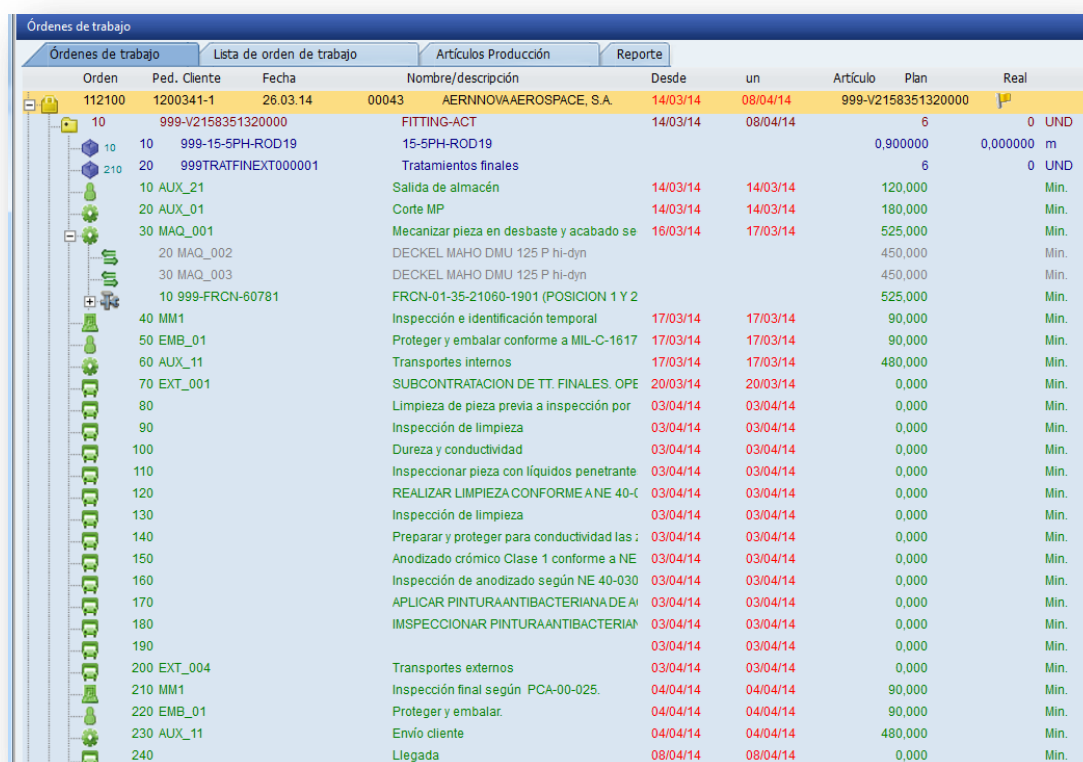
Como se observa en la orden inferior para la producción de 6 unidades de eje, con número 11210, en la parte superior se indican los componentes de la lista de materiales que se requieren con los consumos totales necesarios para producir 6 unidades de eje, 0.9 m de barra y 6 tratamientos superficiales. Asimismo se indica la fecha en la que debe comenzar la producción 14/03/14 para entregar la pieza final el 08/04/14 como se indicó dos días antes de la fecha de entrega solicitada por el cliente. Debajo de los componentes están detalladas todas las operaciones con sus recursos y a la derecha de cada una de ellas la fecha en la que deben comenzar y finalizar y el tiempo total necesario para producir las 6 unidades.

A partir de la última verificación se comprobó que la distribución de los recursos seguía correctamente los calendarios definidos y que las fechas de utilización de los componentes coincidían con la fecha de entrega en los pedidos. Así en la orden de

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

producción se muestra el caso del artículo el cual sigue el proceso descrito en la hoja de ruta. En la posición 10 de este proceso se requiere la materia prima para la salida de almacén y dicha operación se ha planificado para el 14 de marzo de 2014, imagen inferior. Por tanto, en la recomendación de pedido de materia prima la fecha que sale por defecto es el 14 de marzo como se indicaba anteriormente.

Lo mismo ocurre con el caso de tratamiento, el eje debe haber recibido los tratamientos superficiales necesarios y estar disponible al inicio de la operación 210. Esta operación debe comenzar según la planificación el día 4/04/2014 y efectivamente comprobamos que tras ejecutar las recomendaciones la fecha de entrega en el pedido es el 04/04/2014.



Orden	Ped. Cliente	Fecha	Nombre/descripción	Desde	un	Artículo	Plan	Real
112100	1200341-1	26.03.14	00043 AERNNOVAEROSPACE, S.A.	14/03/14	08/04/14	999-V2158351320000		
10	999-V2158351320000		FITTING-ACT	14/03/14	08/04/14		6	0 UND
10	999-15-5PH-ROD19		15-5PH-ROD19				0,900000	0,000000 m
20	999TRATFINEXT000001		Tratamientos finales				6	0 UND
10	AUX_21		Salida de almacén	14/03/14	14/03/14		120,000	Min.
20	AUX_01		Corte MP	14/03/14	14/03/14		180,000	Min.
30	MAQ_001		Mecanizar pieza en desbaste y acabado se	16/03/14	17/03/14		525,000	Min.
20	MAQ_002		DECKEL MAHO DMU 125 P hi-dyn				450,000	Min.
30	MAQ_003		DECKEL MAHO DMU 125 P hi-dyn				450,000	Min.
10	999-FRCN-60781		FRCN-01-35-21060-1901 (POSICION 1 Y 2				525,000	Min.
40	MM1		Inspección e identificación temporal	17/03/14	17/03/14		90,000	Min.
50	EMB_01		Proteger y embalar conforme a MIL-C-1617	17/03/14	17/03/14		90,000	Min.
60	AUX_11		Transportes internos	17/03/14	17/03/14		480,000	Min.
70	EXT_001		SUBCONTRATACION DE TT. FINALES. OPE	20/03/14	20/03/14		0,000	Min.
80			Limpieza de pieza previa a inspección por	03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
90			Inspección de limpieza	03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
100			Dureza y conductividad	03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
110			Inspeccionar pieza con líquidos penetrante	03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
120			REALIZAR LIMPIEZA CONFORME A NE 40-030	03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
130			Inspección de limpieza	03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
140			Preparar y proteger para conductividad las	03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
150			Anodizado crómico Clase 1 conforme a NE	03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
160			Inspección de anodizado según NE 40-030	03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
170			APLICAR PINTURA ANTIBACTERIANA DE AI	03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
180			IMSPECCIONAR PINTURA ANTIBACTERIA	03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
190				03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
200	EXT_004		Transportes externos	03/04/14	03/04/14		0,000	Min.
210	MM1		Inspección final según PCA-00-025.	04/04/14	04/04/14		90,000	Min.
220	EMB_01		Proteger y embalar.	04/04/14	04/04/14		90,000	Min.
230	AUX_11		Envío cliente	04/04/14	04/04/14		480,000	Min.
240			Llegada	08/04/14	08/04/14		0,000	Min.

Ilustración 51: Orden de producción con la planificación de todas las operaciones y necesidades devueltas por el sistema MRP.

Lo mismo ocurre con el caso de tratamiento, el eje debe haber recibido los tratamientos superficiales necesarios y estar disponible al inicio de la operación 210. Esta operación debe comenzar según la planificación el día 4/04/2014 y efectivamente comprobamos que tras ejecutar las recomendaciones la fecha de entrega en el pedido es el 04/04/2014.

Ahora pasemos a analizar la planificación del proceso, por ejemplo la operación de salida de almacén hay que recordar que se estableció que duraría 0.5 horas por unidad, haciendo un total de 2 horas para las 6 unidades de la orden, exactamente lo que muestra la planificación.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Otro caso son las operaciones cuyo tiempo de operación se ha especificado de forma independiente al lote, puesto que los tiempos son muy reducidos por pieza y variables y normalmente se estiman por lotes, es el caso de salida de almacén. De este modo se definieron dos horas para buscar la materia prima, prepararla y prepararla, siendo 120 min, como se observa el mismo valor.

Ahora analicemos el mecanizado, como se ve para 6 unidades el valor total es 525 minutos, lo que es lo mismo que 8.75 horas, pero recordemos que el tiempo definido para la operación de mecanizado de este eje era de 1.25 h para la preparación de la máquina, utillaje... y 1.25 h de operación. Como el tiempo de operación es independiente del lote a producir el tiempo total para esa operación sería de 1.25 h de preparación y 7.5 h de de operación, 8.75 hora en total. Además como trabajan las 24 h de lunes a domingo no hay restricciones los fines de semana.

Además se indican los recursos principales y alternativos así como los utillajes. En cuanto a los recursos alternativos se indica el tiempo total que emplearían para esa producción que era 1.25 h de preparación y 2 h de operación para el primer recurso y 2.5 h de operación para el segundo, de modo que son 1.25 a sumar 12 h en el primer recurso y 15h en el segundo, es decir un total de 13.25 (795 min) y 16.25 (975 min) horas respectivamente

Si ahora estudiamos un ejemplo de operación externa o subcontratada como los tratamientos, en estos casos hay que recordar que no se estableció un tiempo en la operación puesto que no interesaba a la empresa llevar una planificación de los recursos de un subcontratista, por eso se empleó un tiempo de tránsito entre operaciones de 14 días. Así con comienzo el día 20/03/2014 hasta el día 03/04/2014 y del 03/04/2014 al 04/04 se establece un día de tránsito par a el envió de a OSVOMA, ya incluido en los 14 días se realizan los tratamientos. Recordemos que los tratamientos son días hábiles por lo que ya se contabilizan los fines de semana en ese plazo.

Sería especialmente interesante que a medida que se desarrolle el proceso productivo en la vida real los operarios vayan registrando cuando comienzan y finalizan cada operación para ir realimentando el sistema y que las fechas se puedan reajustar si se acaba antes o después una operación.

Comprobada la planificación general de la producción, pasemos a analizar la programación diaria de cada recurso. Consideremos por ejemplo el caso del recurso sierra de corte, por ser uno de las innovaciones del nuevo proceso con gestión de la materia prima integrada. Como se observa en la imagen en ese informe de recursos indica por orden en que operación se emplea el recurso y las fechas de comienzo a fin de la operación pero especificando las horas de comienzo y fin y el total de horas empleadas por día. También hace un resumen por mes de las horas de capacidad del recurso empleadas.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Consideremos por ejemplo para el caso de este recurso la orden 112100 para la fabricación de 6 unidades del eje 1. Así si consideramos que el tiempo definido para corte ha sido de 0.5 horas por pieza, para un total de 6 piezas se requieren 3 horas para el corte. Por ello esta operación empezaría el día 14/03/14 a las 16:00 y acabaría el día 14/03/14 a las 19:00 horas. Así se observa que respeta el horario de lunes a viernes de 8 a 19 horas, no sobrepasando estos horarios en ninguno de los casos. Asimismo respeta los sábados y domingos por ejemplo en la orden número 112092 que corresponde a 36 unidades del producto de montaje 999-V2158351320100, es decir a 18 horas de corte para esa orden se desglosa así en cuatro días diferentes respetando que es de lunes a viernes y los festivos establecidos. Así por ejemplo se veía al definir los días festivos que el día 1 y 2 de mayo era un festivo que correspondía con jueves y viernes.

De este modo la producción comienza el día 30 de abril y pasa al día 5 de mayo puesto que el 1 y 2 de mayo son festivos y el 3 y 4 sábado y domingo, por lo que pasa al día 5 de mayo que es lunes. Asimismo también tiene en cuenta los rendimientos definidos para los calendarios, porque el horario de 8 a 19 son 11 horas con 2 horas entre medias para comer, con lo que son 9 horas de trabajo. Pero este valor es teórico, ya que no todo el tiempo es igual de productivo por lo que con el rendimiento de 91.6% definido se obtiene al multiplicarlo por 9 horas, 8.25 horas reales, así en la tabla el día 5 y 6 de mayo se indica que desde las 8 a las 19 se dedican 8.25 horas al corte correspondiente a esa orden de producción.

Ocupación AUX_01						
Orden	Posición	OP.	Recurso	Desde	un	Hora Hr
112096	10	20	AUX_01	14/03/14 15:00	14/03/14 19:00	4,00
112100	10	20	AUX_01	14/03/14 16:00	14/03/14 19:00	3,00
201411						7,0
112093	10	20	AUX_01	25/04/14 15:00	25/04/14 19:00	4,00
201417						4,0
112097	10	20	AUX_01	25/04/14 18:15	25/04/14 19:00	0,75
112097	10	20	AUX_01	28/04/14 08:00	28/04/14 16:22	8,25
201418						9,0
112092	10	20	AUX_01	30/04/14 17:58	30/04/14 19:00	1,03
112092	10	20	AUX_01	05/05/14 08:00	05/05/14 19:00	8,25
112092	10	20	AUX_01	06/05/14 08:00	06/05/14 19:00	8,25
112092	10	20	AUX_01	07/05/14 08:00	07/05/14 08:28	0,47
201419						18,0
112085	10	20	AUX_01	04/06/14 14:14	04/06/14 17:44	3,50
112101	10	20	AUX_01	04/06/14 14:14	04/06/14 17:44	3,50
201423						7,0
112094	10	20	AUX_01	24/06/14 13:00	24/06/14 19:00	6,00
201426						6,0
112098	10	20	AUX_01	09/07/14 11:28	09/07/14 19:00	7,53
112098	10	20	AUX_01	10/07/14 08:00	10/07/14 12:28	4,47
201428						12,0
Total						113,5

Ilustración 52: Informe por horas de la ocupación del recurso Sierra de corte.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Lo único que se ha observado es que no hace el cambio automático si se detectan recursos saturados o utillajes que no están producidos y que al considerar que la capacidad es infinita los superpone a la misma hora. Lo mismo ocurre con el utillaje si está siendo empleado.

De igual modo en la imagen inferior se muestra la carga de este recurso por meses. Así para el mes de mayo por ejemplo, se han dedicado como se ve en la tabla superior un total de 13 horas actuales de este recurso. Hay que considerar que en abril el día 16 y 17 fueron festivos por lo que solo se trabajaron 20 días, por tanto la capacidad real de ese recurso sería de 164.9 h (8.25h en 20 días) como muestra en la parte inferior la gráfica. Por ello de 164.9 horas de capacidad real total en ese mes de ese recurso se han empleado 13 horas en la producción, lo que representa un 9% de la capacidad real total.

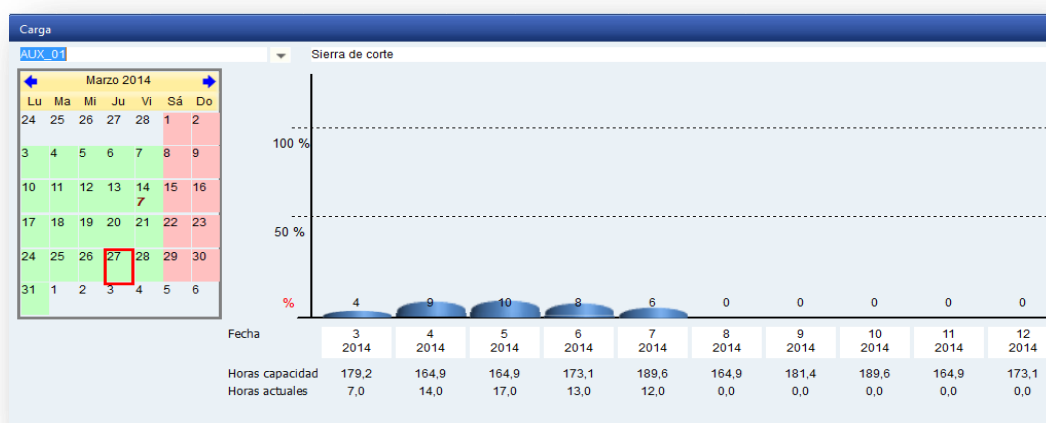


Ilustración 53: Gráfico de carga del artículo Sierra de corte.

Validación de los resultados

En vista de que se ha conseguido gestionar la materia prima de compras, y sus conversiones y se ha obtenido una planificación tanto de los requerimientos de materiales como de la planificación con resultados correctos que tienen en cuenta los calendarios y recursos. Por lo que se aprueban las soluciones propuestas.

Como se ha observado el trabajo laborioso de rellenar pedidos, ordenes, planificar y cuadrar fechas desaparece y todo este trabajo laborioso lo realiza el sistema, haciendo que con solo parametrizar correctamente una vez y que los pedidos de cliente sean incorporados al sistema ya toda la planificación es realizada, solo teniendo que revisar las recomendaciones y tomar las decisiones oportuna con respecto a los datos. Se libera así a los responsables de esta carga.

Sin embargo se han detectado ciertos desajustes en el caso de los recursos ya que no hace el cambio automático al siguiente recurso cuando este está averiado o con sobrecarga, y lo mismo con los utillajes ya que no avisa si están ocupados. Así superpone operaciones

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

al mismo tiempo. Después de hablar con los consultores de SAP se observó que hay una opción del sistema que habilita que los recursos sean considerados finitos y elimina estos inconvenientes, APS sin embargo tiene que ser activado por ellos para que funcione.

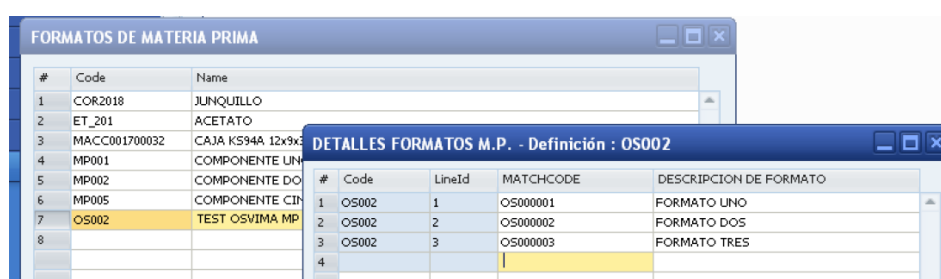
Segunda simulación

Aprobados las soluciones para la gestión de la materia prima de compras, se añade ahora un elemento más, la materia prima de cliente, haciendo más complejo aún el proceso. Para dar solución a esta situación se propuso la gestión genérica de la materia prima de compras y cliente bajo un mismo código y posteriormente con cada lote identificar el formato específico de materia prima evitando así la multiplicidad de artículos idénticos solo diferenciables por la procedencia, el requisito de uso para fabricar un solo artículo o las dimensiones, pero siendo el mismo material con mismas.

Definición del problema

El objetivo de esta segunda simulación es poner a prueba la solución propuesta para la gestión combinada de la materia prima, consiguiendo gestionar bajo un mismo código de artículo toda la materia prima. Así se parte de un artículo ficticio de materia prima con código S002 en forma de placas. Este artículo puede tener por tanto diferentes formatos como diferentes tamaños, asignación a un producto final determinado o cliente, sin embargo sigue siendo el mismo material.

Para ello, se **definen los formatos** para cada artículo, dentro del módulo de gestión de inventarios. Este código del formato (Matchcode) es de libre definición, por lo que en esta simulación se crean tres formatos, FORMATO UNO (materia prima de cliente 1), DOS (materia prima de cliente 2) y TRES (materia prima exclusiva para la fabricación de un producto determinado).



#	Code	Name
1	COR2018	JUNQUILLO
2	ET_201	ACETATO
3	MACC001700032	CAJA KS34A 12x9x
4	MP001	COMPONENTE UN
5	MP002	COMPONENTE DO
6	MP005	COMPONENTE CIR
7	OS002	TEST OSVIMA MP
8		

#	Code	LineId	MATCHCODE	DESCRIPCION DE FORMATO
1	OS002	1	OS000001	FORMATO UNO
2	OS002	2	OS000002	FORMATO DOS
3	OS002	3	OS000003	FORMATO TRES
4				

Ilustración 54: Definición de formatos de materia prima.

En segundo lugar, es necesario **asignar el matchcode del formato requerido**. Para ello consideramos la estructura en la que interviene la materia prima OS002. Como se observa el producto final OS000 está compuesto por 1 unidad de la pieza OS001 y esa pieza se fabrica a partir de la materia prima OS002. Sin embargo, como se observa en la imagen el artículo OS001 no puede utilizar la materia prima genérica sino que tiene que usar un formato en concreto, el formato uno (MATCHCODE OS000001).

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Estructura de artículo							
Nº artículo	Recurso OP	Descripción corta, actividad		Cantidad	T.Prep.	T. Pieza	Número de dibujo
OS000		TEST OSVIMA PT					
10	OS001	TEST OSVIMA SE		1 UN			OS000001
10	OS002	TEST OSVIMAMP		1 m ²			
10	TRONZADORA	CORTE				1,000	
10	MOD	ACABADO				1,000	

Ilustración 55: Lista de partes del artículo OS000.

Para asignarlo es necesario abrir la ficha de datos maestros del artículo OS001 y seleccionar en el campo de materia prima el matchcode correspondiente que se requiere de los definidos inicialmente. Con ello se actualizará automáticamente el campo matchcode de la ficha. En el desplegable saldrán únicamente los códigos de formato relacionados con las materias primas que tengan asociadas en su lista de materiales.

Datos maestros Para OS001

Datos maestros | **Lista de materiales** | **Ruta** | **Configuración**

Nº de artículo: OS001 | Versión: | Cod: |

Descripción: TEST OSVIMA SE

Descrip. en otro idioma: |

Clase de artículo: Artículo

Grupo de artículos: OSVIMA

General | **Datos de compra** | **Datos de venta** | **Datos de inventario**

Impuesto obligatorio: ☒

Matchcode: OS000001

DIN: |

Nº de dibujo: |

Fabricante: Ningún fabricante -

Identificador Adicional: |

Materia Prima: |

Empleado: |

Grupo de materiales: |

Centro de coste: |

Artículo Administrar por: Lotes

☒ Activo | ☐ Inactivo | ☐ Extendido

MATCHCODES MATERIA PRIMA: OS000001

Datos de inventario

Modo de aplicación: |

Explosión: |

Consumo: |

Tamaño: |

Método de cálculo: |

Rechazo: |

Mermas: |

Artículo de inventario: |

Documento: |

Fabricación: |

Preparación: |

Liberación: |

Peso bruto: |

Ilustración 56: Campo Matchcode.

Ahora para ver el **funcionamiento de la personalización**, se parte del mismo tipo de materia prima y primero se considera el estado del inventario. Se dispone de 650 m² en stock en el almacén 01. Dicho stock está dividido en los siguientes lotes, cada uno con su Matchcode y propiedades específicas.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Informe operaciones núm. lote									
Lotes									
#	Número de artículo	Descripción de artículo	Lote	MATCH CODE	Código de almacén	Cantidad	Inputado	Atributo 1 de lote	Atributo 2 de lote
1	OS002	TEST OSVIMA MP	LX000003	OS000003	01	50			
2	OS002	TEST OSVIMA MP	LX000001	OS000001	01	100		ALUMINIO F-045	
3	OS002	TEST OSVIMA MP	LX000002	OS000002	01	100		ALUMINIO F-045	
4	OS002	TEST OSVIMA MP	LX000003	OS000003	01	100		ALUMINIO F-045	
5	OS002	TEST OSVIMA MP	LX000004	OS000001	01	100		ALUMINIO F-045	
6	OS002	TEST OSVIMA MP	LX000005	OS000002	01	100		ALUMINIO F-045	
7	OS002	TEST OSVIMA MP	LX000006	OS000003	01	100		ALUMINIO F-045	
						650			

Ilustración 57: Operaciones de inventario por número de lote.

Teniendo en cuenta ahora las estructuras de artículo, imagen inferior, se observa que el artículo añadido OS101, componente de OS000 y OS100, incluye en su estructura la materia prima OS002 pero requiere el formato dos. Siguiendo el mismo procedimiento se establece para ese artículo Matchcodes de lote en su ficha de artículo.

Estructura de artículo									
Nº artículo	Precurso	OP	Descripción corte, actividad	Cantidad	T.Prep.	T.Pase	Número de dibujo	Matchcode	ODN
OS_MPI			OSVIMA MATERIA PRIMA						
OS_FTI			OSVIMA FTI					FTI	
OS_FTD			OSVIMA FTD					FTD	
OS000			TEST OSVIMASE	1 UN				OS000001	
OS001			TEST OSVIMASE	1 m ²				OS000001	
OS002			TEST OSVIMASE			1,000		OS000001	
OS003			CORTE			1,000		OS000001	
OS004			ACABADO			1,000		OS000001	
OS005			TEST OSVIMASE					OS000001	
OS006			TEST OSVIMASE					OS000001	
OS007			TEST OSVIMASE					OS000001	
OS008			TEST OSVIMASE					OS000001	
OS009			TEST OSVIMASE					OS000001	
OS010			TEST OSVIMASE					OS000001	
OS011			TEST OSVIMASE	1 UN				OS000001	
OS012			TEST OSVIMASE	1 m ²				OS000001	
OS013			TEST OSVIMASE			1,000		OS000001	
OS014			CORTE			1,000		OS000001	
OS015			ACABADO			1,000		OS000001	
OS016			TEST OSVIMASE					OS000001	

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Ejecución de la simulación

Una vez incorporadas los requerimientos de los clientes de los productos OS000 Y OS101, es posible generar un nuevo escenario con el nombre de OSVIMA PRUEBAS MATCHCODE definiendo como artículo a calcular estos dos y sus componentes y como periodo hasta enero de 2015. A continuación se ejecuta el sistema MRP normalmente, mediante el botón cálculo para ese escenario. Los resultados mostrados son:

#	Artículo	Descripción	o de Entrega	Inventario mínimo	Existencias	Existencias	Reservación	Entrada
1	OS000	TEST OSVIMA PT	1	0	0	0	0	0
2	OS001	TEST OSVIMA SE	1	0	0	0	0	0
3	OS002	TEST OSVIMA MP	1	0	650	650	0	525
4	OS100	TEST OSVIMA PT	5	0	0	0	0	0
5	OS101	TEST OSVIMA SE	5	0	0	0	0	0

Ilustración 60: Cálculo de las necesidades devuelto por el sistema MRP.

El resultado que arroja el sistema no es satisfactorio como cabía esperar. Esto es así porque como ya se avanzaba en el desarrollo de soluciones, aunque se defina la diferenciación por matchcode, el sistema MRP estándar de cálculo tiene una configuración básica que no distingue mas allá del código de artículo, siendo para el todos los matchcodes iguales. De este modo contempla la existencia total de 650 M2 mientras que 200 de las unidades están en un formato (OS000003) que no es requerido por los artículos a fabricar.

Para ajustar por Matchcode se debe, después de ejecutar el MRP estándar, clicar el botón de ajuste por formatos. Esto va a permitir restringir el rango de búsqueda incluyendo este nuevo criterio. Efectuará un proceso de recálculo de las materias primas en base a disponibilidad de los formatos requeridos. Una vez finalizado podemos comprobar la redistribución de necesidades:

#	Tip/Movimiento de materiales planeado	Info	Info 2	Generar	Fecha de la ord.	Fecha de solicit.	Entrada	Salida	Saldo/Unidad
1	AJUSTADO MATCHCODE	OS000001		<input checked="" type="checkbox"/>	01/01/14	22/09/14		150	50 UN
2	AJUSTADO MATCHCODE	OS000001		<input checked="" type="checkbox"/>	01/01/14	29/09/14		200	-150 UN
3	AJUSTADO MATCHCODE	OS000001		<input checked="" type="checkbox"/>	01/01/14	06/10/14		150	-300 UN
4	PEDIDO PROVEEDOR 28 LINEA 1	OS000001		<input checked="" type="checkbox"/>	01/01/14	06/10/14	225		-75 UN
5	AJUSTADO MATCHCODE	OS000001		<input checked="" type="checkbox"/>	01/01/14	13/10/14		400	-475 UN
6	AJUSTADO MATCHCODE	OS000001		<input checked="" type="checkbox"/>	01/01/14	28/10/14		200	-675 UN
7	AJUSTADO MATCHCODE	OS000001		<input checked="" type="checkbox"/>	01/01/14	27/10/14		400	-1.075 UN
8	AJUSTADO MATCHCODE	OS000002		<input checked="" type="checkbox"/>	01/01/14	22/09/14		200	0 UN
9	AJUSTADO MATCHCODE	OS000002		<input checked="" type="checkbox"/>	01/01/14	29/09/14		150	-150 UN
10	PEDIDO PROVEEDOR 29 LINEA 1	OS000002		<input checked="" type="checkbox"/>	01/01/14	01/10/14	300		150 UN
11	AJUSTADO MATCHCODE	OS000002		<input checked="" type="checkbox"/>	01/01/14	06/10/14		200	-50 UN
12	AJUSTADO MATCHCODE	OS000002		<input checked="" type="checkbox"/>	01/01/14	12/10/14		300	-250 UN

Ilustración 61: Recálculo de las necesidades ejecutado por el sistema MRP.

Evaluación de los resultados

Los **pedidos a proveedor se generarán**, para el artículo seleccionado, clicando el botón pedido por formato de materia prima. Los pedidos a proveedor que se generen desde esta pantalla tendrán informado el matchcode (formato) requerido, obtenido directamente del cálculo.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

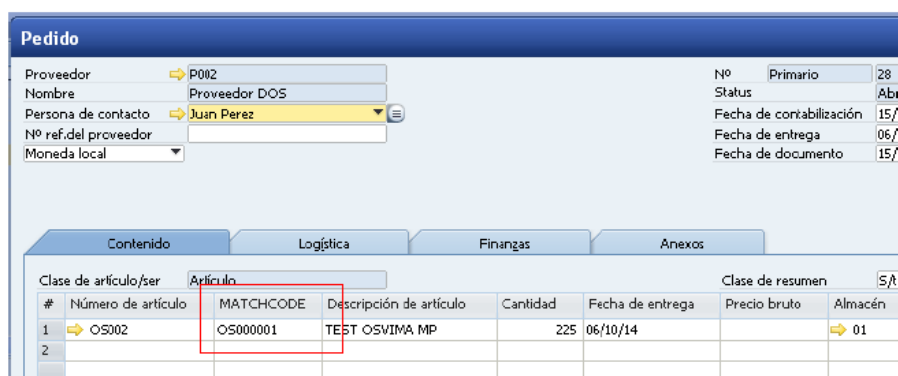


Ilustración 62: Ejemplo de pedido de las necesidades de materia prima por formato.

Los pedidos se crearán de esta manera automáticamente en el módulo de compras de SAP para el proveedor por defecto y las condiciones y tarifas que tenga asignadas en el momento de su creación. Por tanto, como se ha podido observar los resultados responden a las necesidades de la empresa, mejorando así notablemente y automatizando el control de toda la materia prima.

Tercera simulación

Probada la gestión, por un lado, de la materia prima de compras y la planificación de la producción y necesidades en la primera simulación y por otro lado, la gestión combinada de ambas en la segunda y la planificación, en esta simulación se propone como experimento hacer una última prueba con un paquete real de productos solicitados por un solo cliente con el objetivo de probar que el procedimiento que se ha ido diseñando y siguiendo es adecuado. Para realizar esta última prueba de evolución y afinación se van a ir siguiendo todos los pasos para ver si el sistema devuelve la información esperada.

Elaboración del modelo de simulación...

En esta simulación se parte de 4 artículos reales con códigos F533-10261-200-02 (LH Frame 47), F533-10261-201-02 (RH FRAME 47), F533-10266-200-03 (LH FRAME 46) y F533-10266-201-03 (RH FRAME 46) solicitados por un cliente, EADS. En este caso se van a tomar todos los valores idénticos al caso real. Así estos cuatro productos son cuadernas que conforman la parte estructural del avión, el fuselaje o cuerpo central. Tienen una función muy importante ya que ayudan a soportar las cargas de tracción derivadas de la presurización del aire.

Estas piezas son 2 de la zona derecha y 2 de la zona izquierda, siendo la forma como se muestra en los planos del Apéndice C. Estos productos como muestra la lista de partes del Apéndice C son obtenidos a partir de placas de aluminio del tipo 7175 con el tratamiento T7351 definidos por la normativa ABS5064. Así dichas piezas son producidas a partir de estas placas, las cuales son mecanizadas y tratadas para obtener unas determinadas propiedades y forma.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

Ahora es posible definir las características de estas piezas y componentes. Para empezar las piezas se definirán con modo de aprovisionamiento producir y explosión de lista de materiales por orden, ya que en OSVIMA todas los productos que se fabrican son bajo pedido de cliente. En cuanto a las materias primas en este caso son entregadas por cliente, pero para automatizar la gestión y poder planificar las necesidades se definirá como producto de compra aunque con coste 0 y con explosión de materiales por componentes y gestionados por lotes.

En cuanto a las unidades, las piezas y los artículos de tratamiento a crear tendrán la Unidad como unidad de consumo, inventario, de empaque y venta o compra. Por su lado la materia prima tendrá como unidad de consumo e inventario el m² y como unidad de compra y empaque en este caso la Unidad y PLACA, ya que los clientes suministran la materia prima por unidad de placa.

Por su lado, las relaciones de conversión para la materia prima se obtienen de una forma similar pero teniendo ahora en cuenta que la unidad de compra ya no es kg sino la Unidad. Por tanto, la forma de obtenerlo sería simplemente calculando el área de cada placa:

$$r_1 = a \cdot l \quad (3)$$

Ecuación 3: Expresión para obtener la relación r_1 .

Dónde:

- a : ancho de paca (m).
- l : longitud de placa (m).

Para el caso de una barra el factor de conversión sería simplemente la longitud de barra.

Así las placas necesarias para producir estas piezas tienen diferentes dimensiones, como se muestra en la tabla. EL tamaño de placa necesario para producir los artículo F533-10261-200-02 y F533-10261-201-02 tendría un espesor de 32 mm y un área de 2.41m² de la que se obtienen 6 piezas. En el caso de las piezas F533-10266-200-03 y F533-10266-201-03 como se aprecia en la tabla las placas son de mayor tamaño y área pero se pueden producir solo 5 piezas.

Tabla 2: Características de las placas de materia prima empleadas.

Código del artículo	Anchura	Longitud	Espesor	Área (r_1)	Piezas/placa	Consumo
F533-10261-200-02	1250	1925	32	2.41 m ²	6	0.402 m ²
F533-10261-201-02						
F533-10266-200-03	1250	3200	45	4 m ²	5	0.8 m ²
F533-10266-201-03						

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

En cuanto a los almacenes, las piezas estarían asignadas al almacén de producto terminado, el almacén número 20. La materia prima al almacén de materia prima, el número 1.

Ahora ya es posible establecer los valores de pedido múltiple, cantidad mínima, inventario mínimo y máximo y fecha de entrega de la materia prima. Así como se resume en la tabla... la materia prima se entrega siempre por placas, es decir por números enteros de modo que el pedido múltiple en este caso es 1, así como el mínimo. Sin embargo no hay un inventario mínimo ni máximo puesto que es el cliente el que suministra según los proyectos contratados a OSVIMA. En cuanto a las fechas de entrega oscila entorno a los 21 días laborables. Además se define el modo de planificación, por MRP necesario para que el sistema tenga en cuenta este componente para calcular las necesidades de este.

A continuación se crean las rutas incorporando como ya es costumbre la descripción con la normativa de cada operación, los tiempos, recursos y utillajes. En este caso se incorporan algunas novedades para ponerlas a prueba, como se aprecia en la ruta de la pieza F533-10266-200-03 se incluye la operación de programación. Esto se hace teniendo en cuenta que cuando una pieza es producida por primera vez o hay una modificación el programa para que la máquina correspondiente pueda mecanizar la pieza pueda ser creado con los software VERICUT o Catia requiere un tiempo que dependiendo de la complejidad de la pieza que puede representar un cuello de botella que limita totalmente la duración de toda la producción. Para tener en cuenta esta operación se definen dos versiones, una en los casos que se requiere programación (versión A) y en las que se salta este paso (Versión B). Así se incluye en la columna de la derecha de cada operación una marca para indicar las operaciones que se realizan en cada versión.

Ruta Para F533-10266-200-03									
Datos maestros Lista de materiales Ruta									
#	Posición	Operación	Tipo	Recurso	Descripción	Un	Capacidad	Tiempo	pieza V-A V-B
1	10	PROGRAMACIÓN	operation	PROG_01	Programación para mecanizado y utillajes	30,000	0,000	✓	✓
2	20	SOG_SAL_FAB	operation	AUX_21	Salida de almacén Material: Especificacion del mater	8,000	0,000	✓	✓
3	30	CORTE MP	operation	AUX_01	Realizar corte de material según plantilla:PLCP-01-FRA	0,000	0,250	✓	✓
4	40	VER_CORTE	qc	MM1	Verificar corte de material.Anotar: N° Lote	0,000	0,050	✓	✓
5	50	MECANIZADO	operation	MAQ_24	Operación de mecanizado.Mecanizar totalmente segú	0,000	2,250	✓	✓
6	60	ACABADO	operation	AUX_030	Operaciones auxiliares.Repasar y rebabar totalmente s	0,000	0,200	✓	✓
7	70	ENDEREZADO	operation	AUX_040	Operación de enderezado.Conformar y enderezar las	0,000	0,250	✓	✓
8	80	INSPECCIÓN	qc	MM1	Verificación dimensional.Realizar verificación dimension	0,000	0,100	✓	✓
9	90	TRAT. FINALES	externaloperation	EXT_001	Final processes.Clear to see cracks according AIPS09-	0,000	0,000	✓	✓
10	100	SOG_IDENVER_FIN_ING	qc		Final identification and verification Marking-Identify as	0,000	0,000	✓	✓
11	110	EMB_EXPEDICIÓN_FINAL	operation		Proteger y embalar.	0,000	0,000	✓	✓
12	120	ENVÍO	operation		Envío cliente	0,000	0,000	✓	✓

Ilustración 63: Hoja de ruta del artículo F533-10266-200-03.

Asimismo se mantiene la operación de corte porque a diferencia de la mayoría de los clientes que envían una placa para realizar una pieza, en este caso de cada placa se obtienen más de una pieza por lo que se requiere cortar la materia prima, pero eso sí esta vez se separa de mecanizado a diferencia de cómo se venía haciendo para controlar su duración.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

También se incluyen las máquinas necesarias para el mecanizado, siendo las que se indican en la tabla inferior. En este caso las dos últimas piezas tienen mayor tamaño y el proceso de mecanizado el más largo, así como las máquinas son distintas. Además según la empresa los tiempos de preparación en estas piezas son muy pequeños en relación a al tiempo de operación por lo que se incluye todo en el tiempo de operación.

Tabla 3: Lista de recursos para el mecanizado y tiempos.

Código	Descripción	Machine N°	Tiempo de mecanizado (3 Axis Machine)
F533-10261-200 02	LH FRAME 47	Mazak - N°64	3.33 HOURS
F533-10261-201 02	RH FRAME 47	Mazak - N°64	3.33 HOURS
F533-10266-200 03	LH FRAME 46	Fidia K411/5	2.25 HOURS
F533-10266-201 03	RH FRAME 46	Fidia K411/5	2.25 HOURS

En cuanto a las operaciones externas como los tratamientos se sigue el mismo criterio y se definen 14 días de tránsito entre operaciones. Además hay que tener en cuenta que en este caso los tratamientos incluyen ya verificación y embalaje y envío, por lo que una vez transcurren los 14 días, la pieza es entregada por el subcontratista al cliente sin pasar de nuevo por OSVIMA.

Seguidamente, se definen las listas de materiales para los cuatro artículos. Así en el caso de la pieza F533-10261-200-02 y F533-10261-201-02 se incluye el artículo de materia prima de 32 mm de espesor y consumo de 0.402 m² y para los artículo F533-10266-200-03 y F533-10266-200-03 la materia prima con espesor 45 mm con un consumo de 0.8 m². Además en ambos casos se incluye un servicio de tratamientos. Asimismo en cada artículo se indica la operación en la que debe estar disponible, la materia prima en la operación de salida de almacén 20 y los tratamientos en la última operación para el envío, operación 120.

Lista de materiales Para F533-10266-200-03						
Datos maestros		Lista de materiales		Ruta		
#	Pos	Artículo	Descripción	Cantidad Unid.	Pos. Ope	Activo
1	10	MP-SOG-ASNA3050-8891	SG 11	0,800000 m ²	20	<input checked="" type="checkbox"/>
2	20	TRAT-00001	Tratamiento externos	1 UND	120	<input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 64: Lista de materiales del artículo F533-10266-200-03.

Finalizada la parametrización de las cuatro piezas, los dos tipos de materia prima y la correspondiente creación de las rutas y listas de materiales, la estructura de los artículos quedaría completa. A modo de ejemplo se muestra la del artículo F533-10266-200-03:

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas



Nº artículo	Recurso	OP	Descripción corta, actividad	Cantidad	T.Preparación	T. Pieza	Número
F533-10261-200-02			LH FRAME 47				
F533-10261-201-02			RH FRAME 47				
F533-10266-200-03			LH FRAME 46				
10	MP-SOG-ASNA3050-8891		SG 11	0,800000m²			
20	TRAT-00001		Tratamiento externos	1UND			
10	PROG_01	PROGRAMA	Programación para mecanizado y utillajes		30,000		A
20	AUX_21	SOG_SAL_f	Salida de almacén		8,000		AB
30	AUX_01	CORTE MP	Realizar corte de material según plantilla:			0,250	AB
40	MM1	VER_CORT	Verificar corte de material.			0,050	AB
50	MAQ_24	MECANIZAC	Operación de mecanizado.			2,250	AB
10	MAQ_23		FIDIAK911 OSVIMA			3,000	
10	999-FRCN-I		FRCN-01-35-21060-1901 (POSICION 1 Y 2)				
60	AUX_030	ACABADO	Operaciones auxiliares.			0,200	AB
70	AUX_040	ENDEREZA	Operación de enderezado.			0,250	AB
80	MM1	INSPECCIÓ	Verificación dimensional.			0,100	AB
90	EXT_D01	TRAT. FINAL	Final processes.				AB
100		SOG_IDENI	Final identification and verification				AB
110		EMB_EXPEI	Proteger y embalar.				AB
120		ENVÍO	Envío cliente				AB
F533-10266-201-03			RH FRAME 46				

Ilustración 65: Estructura del artículo F533-10266-200-03.

Como se aprecia hay una máquina alternativa similar a la principal pero con un tiempo superior para el mecanizado y un utillaje asignado. También se aprecian las dos versiones de fabricación indicadas con la letra en rojo a la derecha.

A continuación, se ingresan los pedidos recibidos del cliente con fecha de entrega entre mayo y junio, como se resume en la siguiente tabla:

Table 6: Pedidos de cliente.

Producto final	Cliente	Cantidad	Fecha de entrega
F533-10261-200-02	EADS	6 UND	11/06/2014
		6 UND	25/06/2014
F533-10261-201-02	EADS	6 UND	25/06/2014
F533-10266-200-03	EADS	6 UND	11/06/2014
		6 UND	21/05/2014
F533-10266-201-03	EADS	6 UND	11/06/2014
		6 UND	25/06/2014

Ejecución de la simulación

Tras el ingreso de pedidos de cliente, se genera un escenario específico para el grupo de artículos del que se quiere hacer la planificación y el horizonte de tiempo de interés, en este caso hasta 2015 bajo el nombre escenario de prueba 999, como se indica en la imagen inferior.

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

MRP: Descripción			
Escenario	Descripción	Último cálculo	Cálculo Autom.
1	PRUEBA MANEJO MRP MIGUEL ANGEL	05/03/2014 13:08:51	<input checked="" type="checkbox"/>
2	ESCENARIO DE PRUEBA - 999	25/03/2014 13:53:55	<input checked="" type="checkbox"/>
3	ESCENARIO DE PRUEBA EXTENDIDO	04/04/2014 12:32:52	<input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 66: Escenario para la ejecución de la simulación.

Definido el escenario se procede al cálculo MRP de todas las necesidades en el periodo 2014 y para los 8 artículos de pruebas generados y sus materiales, arrojando los resultados mostrados en la siguiente figura:

Recomendación de Compras										
Todo Artículo		Artículos de Compra		Artículos de Producción						
#	Artículo	Descripción	Tiempo de Entrega	Inventario mínimo	Existencias	consumos	Entrada	Salda	Saldo Unidad	Almac
130	F52810283000-00		0	0,000	-3,000	0,000	0,000	1,000	-4,000	01
131	F52810593002-00	STRUT ASSEMBLY	0	0,000	-3,000	0,000	0,000	1,000	-4,000	01
132	F52810593003-00	STRUT ASSEMBLY	0	0,000	-3,000	0,000	0,000	3,000	-6,000	01
133	F52810597001-01	HINGE X7548.8	0	0,000	-5,000	0,000	0,000	1,000	-6,000	01
134	F52810600004-00	ROLLER UPLK AS	0	0,000	-4,000	0,000	0,000	2,000	-6,000	01
135	F52810633000	SERIMONTALE	0	0,000	-6,000	0,000	0,000	3,000	-9,000	01
136	F52810634002	SUBMONTAJE	0	0,000	-3,000	0,000	0,000	3,000	-6,000	01
137	F52810635000	SUBMONTAJE	0	0,000	-4,000	0,000	0,000	3,000	-7,000	01
138	F52810710000-01	HINGE AFT ASSY	0	0,000	-1,000	0,000	0,000	2,000	-3,000	01
139	F52810710001-01		0	0,000	-4,000	0,000	0,000	1,000	-5,000	01
140	F52812013000-00	ARM ASSY	0	0,00	-100,00	0,00	0,00	60,00	-160,00 UNID	20
141	F52812015000-01	BRACKET ASSY	0	0,00	-56,00	0,00	0,00	4,00	-60,00 UNID	20
142	F533-10261-200-02	LH FRAME 47	0	0	0	0	0	6	-6 UNID	20
143	F533-10261-201-02	RH FRAME 47	0	0	0	0	0	12	-12 UNID	20
144	F533-10266-200-03	LH FRAME 46	0	0	0	0	0	12	-12 UNID	20
145	F533-10266-201-03	RH FRAME 46	0	0	0	0	0	12	-12 UNID	20

Ilustración 67: Resultados de la planificación de los productos finales devueltos por el sistema MRP.

En esta ilustración se observa como el programa indica las necesidades totales por artículo tanto de compra como de producción y también de forma individual por pedido de cliente. Del mismo modo en el cálculo toma en cuenta los casos de inventarios mínimos y máximos, las fechas de entrega y existencias.

Para comprobar si los resultados son correctos, considérese primero el caso de los cuatro artículos. Agrupando los pedidos ingresados para cada uno de esos artículos las unidades totales que se requieren producir son 6, 12, 12 y 12 unidades, respectivamente.

Si ahora se hace la explosión nivel a nivel se obtiene que se requieren esas mismas cantidades de los servicios de tratamientos por ser la relación de consumo de un servicio por pieza pero se agrupan las necesidades por ser el mismo tratamiento para todas ellas:

$$\text{Necesidades totales} = 6 + 12 + 12 + 12 = 42 \text{ unidades}$$

Si seguimos en este nivel y pasamos a analizar las necesidades de materia prima Para la materia prima, se definieron diferentes consumos por cada pieza de mecanizado siendo 0.402 y 0.8 m² para las piezas con códigos 999-V2158351320100-E, 999-V2158351320101-E1, 999-V2158351320102-E2 y 999-V2158351320103-E3, en este

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

orden. Así las necesidades de materia prima se obtienen a partir de dichos consumos y las necesidades ya calculadas de estas piezas:

$$\text{Necesidades totales brutas} = 6 \cdot 0.402 + 12 \cdot 0.402 = 7.236 \text{ m}^2$$

$$\text{Necesidades totales brutas} = 12 \cdot 0.8 + 12 \cdot 0.8 = 19.2 \text{ m}^2$$

Así, se aprecia como los valores devueltos por el sistema MRP coinciden con las necesidades calculadas. Además si se observa la parte inferior de la imagen se puede ver cómo se detallan las necesidades de cada artículo separándolas por pedido. Por ello, para el artículo F533-10266-200-03 se indican las necesidades de 12 unidades generadas a partir de los dos pedidos de clientes de 6 unidades cada uno para las fechas 21/5/2014 y 11/06/2014.

Si ahora se concentra el estudio en la planificación de ese artículo para el pedido de 6 unidades se observa que se puede abrir directamente las propuestas respecto a la producción de ese producto:

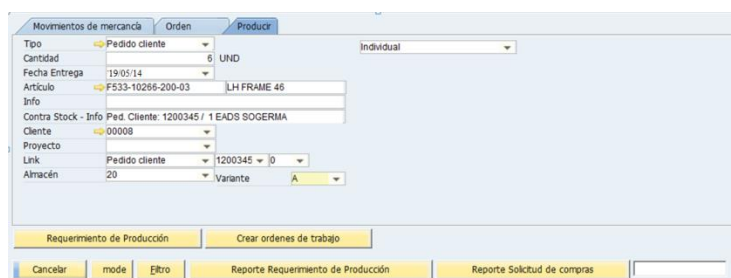


Ilustración 68: Propuesta automática de orden de producción generada por el sistema MRP.

Como se observa prácticamente toda la información está ya cumplimentada. Esto es debido al cuidadoso y detallado proceso de parametrización que se ha realizado desde el comienzo. Por lo tanto, solo quedaría comprobar los datos y modificarlos, si fuera necesario, y posteriormente crear la orden de producción o trabajo.

Además, entre los datos ya están considerados las unidades correctas, el pedido de cliente de origen así como el almacén en el que se depositará el producto final tras su fabricación, el cliente y la fecha de entrega. En este último campo hay que señalar que la fecha de entrega mostrada corresponde con dos días antes a la fecha indicada en el pedido de cliente 19/05/2014. A partir de esta propuesta se genera el documento correspondiente a esta orden de producción, como se muestra en el Apéndice C.

Lo mismo ocurre si se analizan las propuestas de compra de materia prima asignadas al pedido de cliente indicado. Las necesidades descontando las existencias de materia prima procedentes de dichos pedidos serían para esa fecha de 4.8 m² de placa (0.8 m² de consumo por pieza y un total de 6 piezas).

De modo que al abrir la recomendación de compras correspondiente aparece como cantidad 4.8 m². Pero hay que recordar que se estableció que los pedidos debían ser

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

múltiplos de 1 unidad de placa y una placa representaba 4 m², de modo que el sistema avisa de que 4.8 es más de una unidad y no es un múltiplo.



Movimientos de mercancía / Orden

Proveedor: P0652 Individual

Fecha Entrega: 30/04/14

Cantidad: 1 UND

Precio: 0.00

Cantidad: 4.800000 m²

Artículo: MP-SOG-ASNA3050-8891 SG 11

Info: Ped. Cliente: 1200348 / 1, F533-10266-200-03 00008

Proyecto: 01

Almacén: 01

Link: Pedido cliente: 1200348 / 0 Longitud: Anchura: Altura:

frame contract: Precio bruto

Solicitud de compras Orden

Cancelar modo Filtro Reporte Requerimiento de Producción Reporte Solicitud de compras

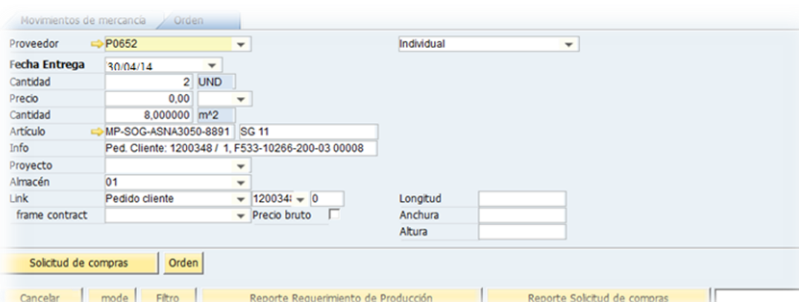
Mensaje sistema

Sólo se puede introducir un múltiplo de 1,001 ¿Cambiano la entrada?

Si No

Ilustración 69: Propuesta de solicitud a cliente de materia prima automática avisando del pedido múltiple necesario.

Si se acepta el cambio al siguiente múltiplo superior, el sistema lo aumenta a 2 unidades de placa y su equivalente en unidades de inventario 8 m².



Movimientos de mercancía / Orden

Proveedor: P0652 Individual

Fecha Entrega: 30/04/14

Cantidad: 2 UND

Precio: 0.00

Cantidad: 8.000000 m²

Artículo: MP-SOG-ASNA3050-8891 SG 11

Info: Ped. Cliente: 1200348 / 1, F533-10266-200-03 00008

Proyecto: 01

Almacén: 01

Link: Pedido cliente: 1200348 / 0 Longitud: Anchura: Altura:

frame contract: Precio bruto

Solicitud de compras Orden

Cancelar modo Filtro Reporte Requerimiento de Producción Reporte Solicitud de compras

Ilustración 70: Recomendación de compras de materia prima incluyendo pedido múltiple.

El mismo procedimiento se seguiría con el caso de tratamientos y con el resto de necesidades para el resto de piezas. Los documentos generados de la orden de producción, el pedido de materia prima y tratamientos se muestran en el apéndice para su consulta.

Evaluación y validación de los resultados

En esta etapa el procedimiento diseñado es objeto de análisis. Con ese objetivo, se estudian la planificación general del proceso productivo, la planificación detallada de los recursos (por horas) y la capacidad utilizada por medio de informes y gráficos como los mostrados en el Apéndice C para el recurso Sierra de corte. A medida que se analizaban los resultados se incorporaban medidas correctivas hasta obtener unos resultados finales que representaran de forma adecuada el caso real.

A partir de la última verificación se comprobó que la distribución de los recursos seguía correctamente los calendarios definidos y que las fechas de utilización de los componentes coincidían con la fecha de entrega en los pedidos. Así en la orden de producción se muestra el caso del artículo el cual sigue el proceso descrito en la hoja de

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

ruta. En la posición 20 de este proceso se requiere la materia prima para la salida de almacén y dicha operación se ha planificado para el 30 de abril de 2014, imagen inferior. Por tanto, en la recomendación de pedido de materia prima la fecha que sale por defecto es el 30 de abril como se indicaba anteriormente.

Con respecto a los tratamientos en este caso se requieren que estén finalizados para el día 19 de mayo puesto que son directamente entregados así al cliente. Por ello en el pedido aparece como fecha de entrega el día 19/05/2014.

10	F533-10266-200-03 (A)	LH FRAME 46	30/04/14	19/05/14	6	0	UND
20	MP-SOG-ASNA3050-8891	SG 11			4.8	0,000000	m²2
120	TRAT-00001	Tratamiento externos			6	0	UND
10	PROG_01	Programación para mecanizado y utillajes	24/04/14	30/04/14	1,800,000		Min.
20	AUX_21	Salida de almacén	30/04/14	30/04/14	480,000		Min.
30	AUX_01	Realizar corte de material según plantilla	30/04/14	30/04/14	90,000		Min.
40	MM1	Verificar corte de material	30/04/14	30/04/14	18,000		Min.
50	MAQ_24	Operación de mecanizado	30/04/14	05/05/14	810,000		Min.
10	MAQ_23	FIDIAK911 OSVIMA			1,080,000		Min.
10	999-FRCN-60781	FRCN-01-35-21060-1901 (POSICION 1 Y 2			810,000		Min.
60	AUX_030	Operaciones auxiliares	05/05/14	05/05/14	72,000		Min.
70	AUX_040	Operación de enderezado	05/05/14	05/05/14	90,000		Min.
80	MM1	Verificación dimensional	05/05/14	05/05/14	36,000		Min.
90	EXT_001	Final processes	05/05/14	05/05/14	0,000		Min.
100		Final identification and verification	19/05/14	19/05/14	0,000		Min.
110		Proteger y embalar	19/05/14	19/05/14	0,000		Min.
120		Envío cliente	19/05/14	19/05/14	0,000		Min.

Ilustración 71: Orden de producción detallada.

Por otro lado las sugerencias de realizar los pedidos son de nuevo realizadas considerando 21 días de plazo de entrega para la materia prima y 10 para los tratamientos. En cuanto a los tiempos todos se ajustan a los valores definidos inicialmente.

Hay que destacar que en la parte superior indica que esta es la versión A de fabricación de este producto por lo que se incluye en la planificación de la producción, pero si se hubiera elegido la opción B la planificación hubiera sido idéntica solo que no incluiría esa operación y por tanto empezaría directamente con la salida de almacén el día 30/04/2014.

Al igual que en la simulación primera, se han comprobado las programaciones de todos los recursos (Apéndice C) y los resultados se adecuan a las necesidades de la empresa. Aunque sigue el inconveniente de los recursos y utillajes que no son cambiados automáticamente en caso de saturación. En cuanto a la orden de producción se observa que para que la producción esté lista para el día 19/05/2014 el proceso debe empezar el 24/04/2014.

10.Desarrollo de un modo de actuación

Con el objetivo de dar solución a las nuevas particularidades de la empresa, desde la primera simulación se ha ido desarrollando un método basado en la investigación, observación y, ensayo y error para ir descubriendo el procedimiento óptimo que hace que el software lleve a cabo el cálculo de las necesidades y la planificación, y arroje sugerencias de forma correcta.

De este modo, a lo largo de las simulaciones se ha ido perfilando y puliendo dicho método, diseñando así un modo de actuación para la posterior implantación del módulo Be.as integrado dentro de SAP en OSVIMA. Este proceso se ha ido probando y siguiendo paso a paso con cada simulación modificándolo con el afán de depurarlo hasta comprobar su completo funcionamiento tras la última simulación con un caso real.

A modo de resumen el proceso supondría el paso de un método muy focalizado en las etapas mecánicas y laboriosas a uno que automatiza todos esos procesos en aras de conceder más atención a lo que es verdaderamente importante, la toma de decisiones a partir de los resultados obtenidos.

Así las etapas principales de dicho proceso, como detalla la Ilustración 72 se pueden sintetizar en: la parametrización, ingreso de pedidos de cliente, el cálculo de la planificación y la toma de decisiones sobre la creación de documentos (pedidos u órdenes de producción) a partir de las propuestas automáticas generadas.

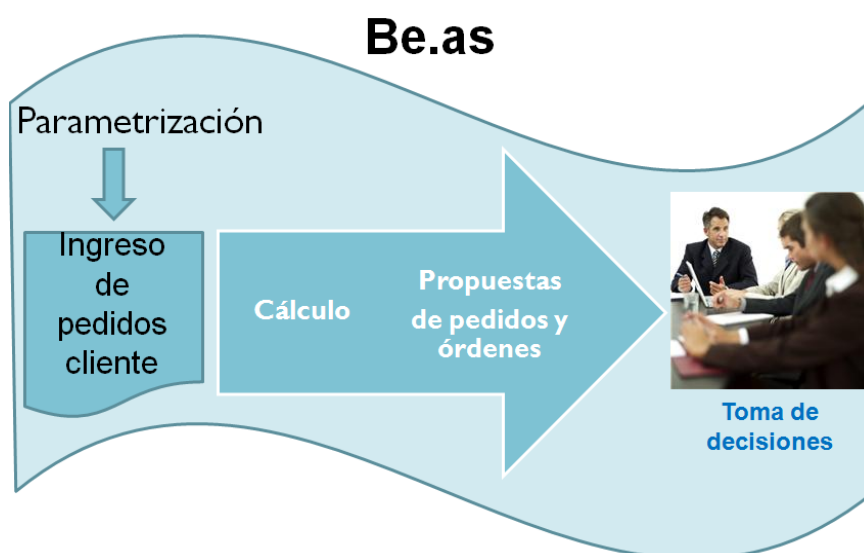


Ilustración 72: Procedimiento actuación diseñado para la implementación del módulo Be.as.

10.1 Parametrización

Esta fase se observó posteriormente que es crítica para que el programa pueda realizar una planificación adecuada. Esto se debe a que es un software que ofrece mucha información y planifica toda la producción integrándose con todos los procesos de SAP, por lo que requiere una parametrización muy detallada y precisa para poder realizar sus funciones. De este modo, esta fase consistiría en:

1. Creación de los artículos padre (artículos finales) y de todos los artículos hijos (componentes y materias primas) involucrados, especificando:

- **Datos de inventario**, entendiendo por ellos la definición de las unidades de inventario, el inventario mínimo y máximo o el almacén correspondiente a cada artículo, todos ellos fundamentales para el control del inventario y, el cálculo y planificación de las necesidades.
- **Datos de planificación** como el tipo programación (MRP), tiempo de entrega, pedido múltiple y pedido mínimo. A partir de esta información el programa va a establecer las fechas de entrega de los pedidos de compras y subcontratación para que estén disponibles en la operación en la que se requiere y va sugerir que si las necesidades son menores que el pedido mínimo o no es un múltiplo del pedido múltiplo se solicite la cantidad correcta.
- **Datos de compra y venta** como la unidad de compras o venta, el factor de conversión r_1 (artículos de inventario por unidad de compras), unidad de empaque o el factor también de conversión r_2 (cantidad de artículos de compra por unidad de empaque). Ambas relaciones se obtienen empleando la Ecuación 1 y 2 explicadas en la primera simulación.

Estos campos van a hacer posible la conversión automática entre las unidades de inventario y las de compras para que al ingresar una cantidad de artículos en unidad de compras en el inventario se actualice ese valor automáticamente en unidades de inventario y pueda ser sumado a las existencias expresadas en dichas unidades. Asimismo al generar los pedidos de compra a partir de las necesidades en unidades de inventarios, la conversión se procesará de forma directa apareciendo en el pedido el valor solicitado en unidades de compra.

Igualmente se debe especificar para todos los artículos: el tipo de aprovisionamiento (comprar o producir), la explosión de materiales (por orden en los artículos con aprovisionamiento por producción y por componentes en los artículos de compra), la

10. Desarrollo de un modo de actuación

unidad de consumo especialmente importante para contabilizar las cantidades de material requeridas por un artículo final, y el modo de gestión (por lotes para materia prima y componentes como casquillos, y por número de serie en los caso de productos finales específicos).

2. Creación de los diferentes calendarios para cada recurso estableciendo:

- **Horarios de trabajo.**
- **Festivos.**
- **Rendimiento:** permite tener en cuenta que no todo el tiempo es productivo por lo que de las horas teóricas calculará las reales y con ellas podrá repartir la carga de trabajo.

Esta información hace posible el cálculo de la capacidad de los recursos y el reparto de la carga de trabajo entre ellos, es decir la planificación de los recursos productivos.

3. Incorporación de la lista de recursos existentes junto con:

- **Días de tránsito:** este parámetro se emplea para definir un tiempo que debe transcurrir entre dos operaciones generalmente externas. Hay que recordar que para montaje se ha establecido como valor medio 3 días naturales y para tratamientos externos 14 días naturales.
- **Programación:** capacidad teórica en días, calendario de turnos o número de máquinas por persona, específicos para cada recurso. La capacidad teórica hace posible el cálculo de la capacidad real de los recursos al multiplicarla por el rendimiento correspondiente a cada calendario, acercando más la planificación de los plazos de producción a la situación real.

4. Incorporación de los utillajes necesarios para la producción del artículo padre en la base de datos de utillajes.

5. Creación de las rutas incorporando:

- Tipo de **operación** y descripción.
- Los **recursos principales y alternativos** para cada operación.
- Asignación de los **utillajes** necesarios.
- **Tiempos por pieza y de preparación** en cada operación.

10. Desarrollo de un modo de actuación

Hay que destacar que los recursos alternativos son muy importantes en la producción y por ello, incorporarlos en la ruta permite su cambio y recálculo de tiempos y fechas en caso de averías del recurso principal.

En cuanto a los utillajes, aunque no es posible automatizarlos con las funcionalidades actuales es interesante incluirlos para llevar un control de los útiles necesarios en cada orden, agilizando su consulta.

6. Creación de la lista de materiales (componentes, montajes, o tratamientos externos) incluyendo:

- **Posición** de la operación en la que se requiere el componente.
- **Cantidad del componente**, en unidades de consumo, necesario para producir cada pieza del artículo padre.

Las estructuras deben ser detalladas cuidadosamente, ya que de ellas depende que las cantidades recomendadas para la compra y producción así como las fechas de entrega en las que se requiere que estén disponibles sean correctas.

Tras completar la fase de parametrización en detalle, los artículos quedaban definidos completamente. Esta fase es decisiva puesto que condiciona la corrección de los resultados calculados por el sistema MRP para la producción.

10.2 Pedidos de cliente

Una vez todos los artículos han sido creados es posible ingresar los pedidos de cliente en el sistema con las correspondientes cantidades y fechas de entrega. Estos parámetros será el punto de partida para generar el cálculo de la planificación con el objetivo de satisfacer las necesidades producidas por esos pedidos.

10.3 Cálculo de la planificación

Para llevar a cabo el cálculo se genera un nuevo escenario específico para el grupo de artículos del que se quiere hacer la planificación y el horizonte de tiempo de interés. Asimismo se debe establecer las personas con permisos para realizar dicho cálculo y modificarlo, dado que de estos resultados depende la correcta planificación de los pedidos y órdenes de producción.

Definido el escenario se procede al cálculo MRP, el cuál arroja las necesidades totales de dichos artículos y por pedido en el plazo especificado.

10. Desarrollo de un modo de actuación

10.4 Propuestas automáticas

Partiendo del cálculo ejecutado se puede seleccionar cualquiera de los artículos con necesidades y desplegar las propuestas. Estas pueden ser de tres tipos:

- Pedidos de compra de materia prima.
- Pedidos de subcontratación.
- Órdenes de producción.

Para cada caso se puede apreciar que la mayoría de los campos están cumplimentados. Esto se debe al detallado proceso de parametrización realizado facilitando que la persona encargada solo tenga que decidir si los datos son correctos o no.

10.5 Toma de decisiones

Por último, solo quedaría a partir de las propuestas automáticas evaluar los resultados y crear tanto las órdenes de compra como las de producción. Esto desencadena de forma automática la generación de los correspondientes documentos (pedidos de compra y órdenes de producción).

Estos documentos pueden ser aún modificados, eliminados o visualizados en otros formatos como pdf. Igualmente a través de la orden de producción se pueden consultar, como ya se ha comentado, las fechas en las que se debe hacer cada operación, la carga de máquinas esperada e incluso todas las operaciones a realizar por cada recurso diariamente.

11. Presentación ante los departamentos

Una vez finalizado el análisis de la empresa y el sistema, el diseño, desarrollo y la posterior puesta a prueba de las soluciones y, la aprobación de los resultados y el procedimiento de actuación, se llevó a cabo una presentación para los responsables de todos los departamentos.

La ponencia se repitió dos veces ante los dos grupos de responsables de forma sucesiva en dos turnos. Tras el periodo de exposición se abrió un turno de preguntas y se discutió aquellos aspectos que causaban más incertidumbre a los asistentes. También se les adelantó que la implantación comenzaría en breve y que se contaría con su apoyo y cooperación durante todo el proceso de transición.

Esta etapa trataba así de incluir la gestión del miedo al cambio, dado que es uno de los efectos más comunes que surgen cuando hay un cambio importante en las organizaciones. De hecho, en las empresas los procesos se acomodan a rutinas donde todo gira entorno a el día a día, y es cuando hay un cambio, como la implantación de un sistema MRP, cuando esa rutina se trastoca totalmente, surgiendo el miedo y la resistencia al cambio.

Es en esas situaciones cuando las organizaciones deben ser capaces de gestionar con éxito estos procesos de transformación y neutralizar dichas resistencias, alineando los comportamientos de todas las personas con la estrategia de la organización. Esta resistencia al cambio puede manifestarse en forma de miedo a lo desconocido, miedo al fracaso o miedo a las consecuencias, por lo que es importante que la dirección de las empresas sea consciente de su efecto y hagan del cambio un proceso de transición fluido.

Por ello, esta presentación representaba la primera herramienta para acercar el proceso a los empleados e ir iniciando el cambio de una forma fluida y progresiva que minimizara los efectos negativos. Se trató así de transmitir los grandes beneficios en términos de carga de trabajo al pasar de un modo de trabajo repetitivo y laborioso empleando soluciones provisionales para hacer frente a las dificultades, a la automatización de esos procesos con el fin de centrarse en la toma de decisiones y estrategia de la empresa, tomando en su lugar medidas preventivas en fases más tempranas.

Asimismo se mostraron los avances conseguidos y las ventajas de la utilización del módulo al ser implementado en la empresa. Con ello se buscaba facilitar la asimilación de los cambios y acercarles los beneficios de los cuales se podrían aprovechar tanto los empleados como OSVIMA con su implantación en los próximos meses, haciéndoles partícipes de todo el proceso.

En suma, se puede afirmar que uno de los factores más importantes dentro de un proceso de cambio, son las personas. De modo que hacer frente a esos miedos, tal y como se ha explicado, es el primer paso que los ejecutivos de las empresas deben dar para luchar con éxito a la necesidad de cambiar, y con esta presentación se dio el primer paso del camino.

12. Plan de implantación inicial

12. Plan de implantación previo

A partir de las simulaciones realizadas, comprobación del desempeño y el mayor conocimiento adquirido acerca del funcionamiento del software, de la empresa y de sus respectivos requerimientos es posible establecer un plan detallado de implantación.

Considerando este objetivo, no se debe olvidar que cada compañía es distinta a las demás y debe elaborar su propia estrategia en función de su modo de actuación, características, necesidades, debilidades, puntos fuertes o valores. Teniendo estos aspectos en cuenta la implantación del sistema MRP puede realizarse siguiendo principalmente dos estrategias diferentes: en un solo esfuerzo o en un entorno reducido de la empresa y posteriormente en el resto de ella.

La primera estrategia consiste en trasladar toda la información necesaria para la puesta en marcha del software de una sola vez. Este método conlleva un elevado tiempo de implantación, paralizar la producción y su facturación derivada y los primeros resultados no se empiezan a observar hasta el traspaso total de la información. Esto a su vez implica que puedan detectarse errores en una fase tardía, ya que toda la información estaría introducida y requeriría la comprobación de toda la información y su modificación. Sin embargo, entre sus ventajas destaca un tiempo menor de la implantación completa ya que se eliminan las interrupciones al hacerlo en un solo esfuerzo.

La segunda estrategia consiste en realizar la implantación directa del software en un entorno reducido de la empresa (una cantidad de artículos o proyectos determinados), para posteriormente una vez comprobado el correcto funcionamiento y adecuación del software a las necesidades y procesos de la empresa, implantarlo directamente en la compañía al completo. Los puntos positivos de esta opción serían la posibilidad de observar los primeros resultados con mayor antelación, la detección y puesta en marcha de medidas correctivas en una fase temprana antes de que afecte a un volumen mayor de productos y la posibilidad de seguir produciendo en paralelo con la implantación. Se basaría en definitiva en el método iniciado con las simulaciones en las fases previas experimentando una vez más con una parte de la población total.

Tras considerar ambas estrategias de implantación, se decide apostar por la segunda por ser la que mejor se adecua a las necesidades y particularidades de la empresa por varias razones.

En primer lugar, como dice el profesor Charles H. Fine de la Universidad Massachusetts Institute of Technology para implementar iniciativas de mejora integral como es el software MRP, no es necesario empezar desde cero y detener el normal funcionamiento de la organización, sino que se puede partir de lo que hay y adaptarlo progresivamente mientras se sigue trabajando. Este es el caso particular de OSVIMA, para la cuál es de vital importancia no parar la producción y facturación para cumplir con sus compromisos con sus clientes.

12. Plan de implantación inicial

En segundo lugar, esta estrategia es solamente práctica en empresas de una envergadura considerable como para poder crear una división en la que hacer una implantación inicial. Dado que OSVIMA disponer de un gran volumen de productos y clientes es factible realizar dicha división tanto por productos como por proyectos de clientes.

En tercer lugar, hay características de los artículos que una vez introducidos en el sistema y realizada alguna transacción no pueden ser modificados. En esos casos es preciso eliminar el producto al que afecta, crearlo y parametrizarlo de nuevo para poder subsanar dichos errores. Por consiguiente, la detección temprana es un aspecto muy importante en esos casos, ya que si tras haber empleado la estrategia basada en un solo esfuerzo se detectara un error de este tipo, sería demasiado tarde y las medidas correctivas afectarían a un volumen muy grande de productos.

Definida la estrategia a seguir, se decide el criterio para realizar dicha división. A partir de un informe con los artículos producidos en 2013, se seleccionan aquellos artículos que presentan una mayor frecuencia de fabricación en dicho periodo, como medida más representativa de los que se producirán este año. Así dicha lista se divide en 2 grupos, los productos que representaban el 55 % de todas las unidades de artículos producidos en 2013 haciendo un total de 650 productos diferentes y los que correspondían al 45% restante, 1170 productos. Respectivamente constituirían los artículos de primera y segunda prioridad.

Esta división permite definir tres grandes grupos de tareas en el proceso de implantación: preparación inicial, implantación del sistema en los artículos de primera prioridad y segunda implantación en los artículos de segunda prioridad. Hay que destacar que la última implantación no se llevará a cabo hasta que la primera no funcione correctamente y se hayan depurado y corregido todos los errores detectados. Del mismo modo no se considerará que la implantación ha finalizado hasta que tanto los productos de primera prioridad como los de segunda y los nuevos que se puedan registrar sean gestionados correctamente por la empresa.

Hay que recordar, además, que al comienzo del proyecto se estableció como fecha límite para llevar a cabo el primer lanzamiento del sistema MRP, el 30 de Junio. Además, dado que las fases previas a la implantación se ha finalizado en los tiempos establecidos inicialmente, cumpliendo con el plan inicial del proyecto, se partirá del 28/04/2014 como comienzo de la implantación y se determinarán las duraciones de las tareas para poder llegar al primer lanzamiento antes del 30 de junio.

Una vez seleccionados los grupos de artículos su orden de preferencia, así como definida la fecha límite para el primer lanzamiento se establece el plan de implantación del sistema MRP para el que se consideraron necesarias las siguientes tareas con las respectivas duraciones en días hábiles:

12. Plan de implantación inicial

	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	🚀	➤ Implantación	87 days	Mon 28/04/14	Tue 26/08/14	
2	🚀	Elaboración de documentación y equipos de trabajo	1 day	Mon 28/04/14	Mon 28/04/14	
3	🚀	Reunión con los departamentos	3 days	Tue 29/04/14	Thu 01/05/14	2
4	🚀	Crear bases de datos maestros generales	8 days	Fri 02/05/14	Tue 13/05/14	3
5	🚀	➤ Artículos de primera prioridad	39 days	Fri 02/05/14	Wed 25/06/14	3
6	🚀	➤ Acopio de información	8 days	Fri 02/05/14	Tue 13/05/14	3
7	🚀	Estructuras	8 days	Fri 02/05/14	Tue 13/05/14	3
8	🚀	Características de artículo	8 days	Fri 02/05/14	Tue 13/05/14	3
9	🚀	Recursos, tiempos y utillajes	8 days	Fri 02/05/14	Tue 13/05/14	3
10	🚀	➤ Migración de la información y comporbación de su exactitud	9 days	Wed 14/05/14	Mon 26/05/14	6;4
11	🚀	Características de artículo	2 days	Wed 14/05/14	Thu 15/05/14	9;7;8;6
12	🚀	Estructuras	2 days	Fri 16/05/14	Mon 19/05/14	11
13	🚀	Actualización hojas de ruta	5 days	Fri 16/05/14	Thu 22/05/14	11
14	🚀	Recursos, tiempos y utillajes	2 days	Fri 23/05/14	Mon 26/05/14	13;12
15	🚀	Implantación aplicación de gestión de materia prima	4 days	Tue 27/05/14	Fri 30/05/14	14;10
16	🚀	Recuento de inventario físico	2 days	Sat 31/05/14	Sun 01/06/14	15
17	🚀	Actualización de niveles de inventario	3 days	Mon 02/06/14	Wed 04/06/14	16
18	🚀	Seguimiento	24 days	Fri 02/05/14	Wed 04/06/14	3
19	🚀	Primer lanzamiento MRP	0 days	Thu 05/06/14	Thu 05/06/14	17;18
20	🚀	Cálculo de necesidades y generación de documentos	15 days	Thu 05/06/14	Wed 25/06/14	19
21	🚀	Formación y apoyo	15 days	Thu 05/06/14	Wed 25/06/14	19
22	🚀	Ajuste del software y procesos hasta su correcto funcionamiento	15 days	Thu 05/06/14	Wed 25/06/14	19
23	🚀	Funcionamiento correcto	0 days	Thu 26/06/14	Thu 26/06/14	5;20;21;22
24	🚀	➤ Artículos de segunda prioridad	43 days	Thu 26/06/14	Mon 25/08/14	23
25	🚀	➤ Acopio de información	9 days	Thu 26/06/14	Tue 08/07/14	23
26	🚀	Estructuras	9 days	Thu 26/06/14	Tue 08/07/14	23
27	🚀	Características de artículo	9 days	Thu 26/06/14	Tue 08/07/14	23
28	🚀	Recursos, tiempos y utillajes	9 days	Thu 26/06/14	Tue 08/07/14	23
29	🚀	➤ Migración de la información y comporbación de su exactitud	13 days	Wed 09/07/14	Fri 25/07/14	25
30	🚀	Características de artículo	3 days	Wed 09/07/14	Fri 11/07/14	26;27;28
31	🚀	Estructuras	3 days	Mon 14/07/14	Wed 16/07/14	30
32	🚀	Actualización hojas de ruta	7 days	Mon 14/07/14	Tue 22/07/14	30
33	🚀	Recursos, tiempos y utillajes	3 days	Wed 23/07/14	Fri 25/07/14	32;31
34	🚀	Recuento de inventario	2 days	Mon 28/07/14	Tue 29/07/14	29;33
35	🚀	Actualización de inventarios y prohibición de niveles negativos	4 days	Wed 30/07/14	Mon 04/08/14	34
36	🚀	Seguimiento	28 days	Thu 26/06/14	Mon 04/08/14	23
37	🚀	Segundo lanzamiento MRP	0 days	Tue 05/08/14	Tue 05/08/14	35;36
38	🚀	Cálculo de necesidades y generación de documentos	15 days	Tue 05/08/14	Mon 25/08/14	37
39	🚀	Formación y apoyo	15 days	Tue 05/08/14	Mon 25/08/14	37
40	🚀	Ajuste del software y procesos hasta su correcto funcionamiento	15 days	Tue 05/08/14	Mon 25/08/14	37
41	🚀	Funcionamiento correcto	0 days	Tue 26/08/14	Tue 26/08/14	24;38;39;40

Ilustración 73: Resumen de las fases e hitos con fechas de comienzo y fin para la implantación del sistema MRP (Fuente: Elaboración Propia).

Definidas las fases para la implantación, la empresa realizó una estimación de los recursos humanos y materiales necesarios para su consecución. En esta ocasión, se mantiene como recursos humanos a la misma persona en prácticas y la posibilidad de consulta telefónica a los proveedores del software. Además, se añade la opción de que cada departamento participe con dos horas diarias en la implantación. Inicialmente se consideró que con la participación de un total de 15 personas, se podría cumplir el plan propuesto.

Asimismo, como recursos materiales estableció la utilización de la misma licencia del software de administrador y las otras 14 de las que dispone la compañía de carácter básico para las tareas desempeñados por los empleados de los departamentos participantes en el proyecto. Asimismo se toma conciencia de la posibilidad de adquirir más licencias si se observa que es necesario para el normal funcionamiento del sistema.

Teniendo en cuenta estos aspectos, se representa la distribución de dichas tareas e hitos y sus correspondientes distribuciones en el siguiente Gráfico Gantt:

9. Ensayo de las soluciones desarrolladas

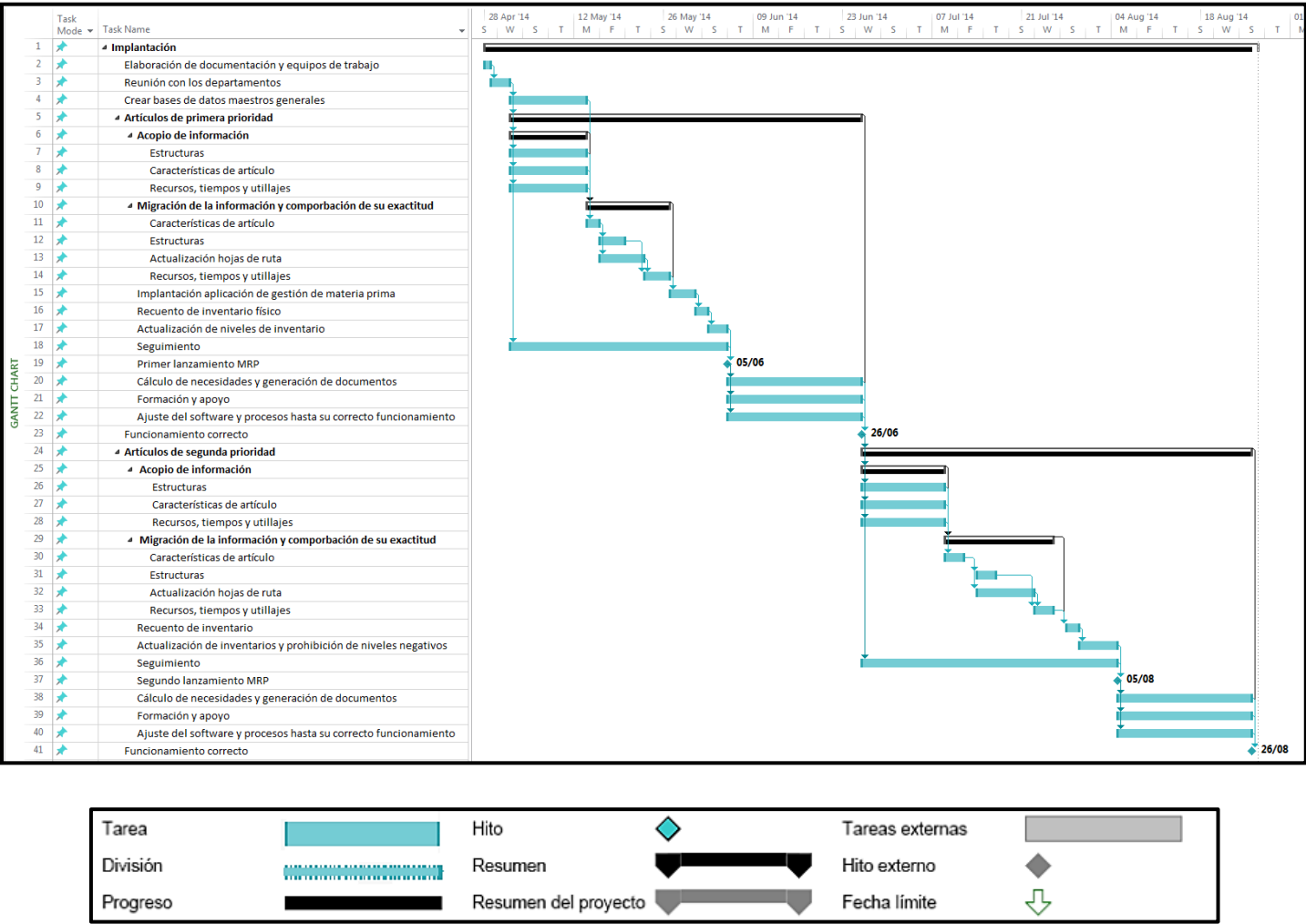


Ilustración 74: Gráfico Gantt del plan de implantación del sistema MRP (Fuente: Elaboración Propia).

12. Plan de implantación inicial

Como se puede observar, el proceso se iniciaría con las fases de preparación de la documentación necesaria como tablas con los datos a recopilar, elaboración de equipos de trabajo asignando actividades, objetivos y plazos la ayuda de gráficas de responsabilidad.

A continuación, se crearían las bases de datos maestros generales en el sistema como pueden ser tipos de materiales, recursos o utillajes. En paralelo se comenzaría la fase de acopio de los datos maestros específicos de artículo correspondientes a la primera prioridad de artículos: características, estructuras de materiales y recursos, tiempos o utillajes particulares para la producción de cada artículo. Para ello, se definió que cada una de las 18 personas recopilara la información asignada en las gráficas de responsabilidad diariamente en archivos en formato Excel, como se explicará en detalle en la próxima sección.

Seguidamente, se procedería a importar la información por orden de necesidad, es decir para poder migrar las listas de materiales y rutas es necesario primero que exista el producto para detallar estos aspectos. Así se migrarían primero los artículos con sus características, después las estructuras y rutas puesto que no eran interdependientes y por último los recursos, utillajes y tiempos dado que dependían de que el resto de información hubiera sido ya importada. En esta fase, se realizaría la migración por lote mediante la programación en el sistema de cada importación. A medida que se importara uno de estos aspectos se realizaría la comprobación y comparación entre la información disponible en el sistema tras la migración (obtenida mediante la programación de un informe en lenguaje SQL) y la recopilada, con la ayuda de los departamentos.

Migrada toda la información relativa a los artículos de primera prioridad se llevaría a cabo la configuración de la aplicación específica para gestión de materia prima basada en matchcode, mencionada anteriormente. Una vez es instalada, se realizaría un recuento físico de los artículos de primera prioridad durante un fin de semana para evitar paralizar el normal funcionamiento. Durante esta fase se especificaría además de las unidades y cantidades, en el caso de la materia prima también las dimensiones, si va asignada una determinada placa a un artículo final específico o la localización en el almacén.

Con toda la información en detalle recopilada sería posible actualizar dichos inventarios con los nuevos criterios de códigos de artículo genéricos para la materia prima y con especificación de las características con la ayuda del matchcode, activado de forma remota. Asimismo, desde el inicio de la recopilación de datos hasta esta fase se incluye el apoyo y seguimiento tanto del grado de cumplimiento con los objetivos marcados como el asesoramiento en caso de duda.

Una vez los inventarios de primera prioridad fueran actualizados y teniendo en cuenta que los pedidos recibidos de cliente ya estarían incluidos en el sistema, sería posible llevar a cabo el primer lanzamiento del sistema. Este acontecimiento marcaría el momento a partir del cual el modo de trabajo comenzaría a consistir en la metodología MRP para todos los artículos de primera prioridad, como se muestra abajo en la imagen.

12. Plan de implantación inicial

La metodología de trabajo relacionada con los productos de segunda prioridad seguiría siendo el mismo ejecutado hasta ese momento, para no afectar a su producción.

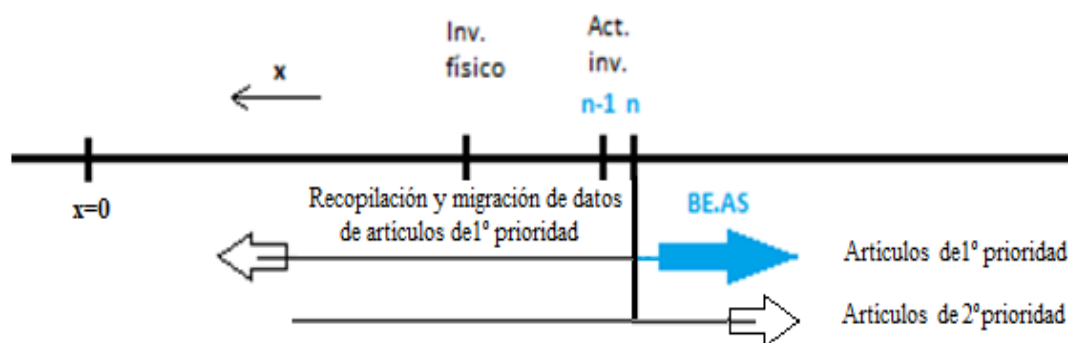


Ilustración 75: Plan de actuación a partir del primer lanzamiento del sistema MRP Be.as Manufacturing (Fuente: Elaboración Propia).

A partir del cálculo de necesidades devuelto por el sistema se generarían las órdenes de producción y compra y los requerimientos de materiales correspondientes. En ello participarían las personas que en su día a día trabajarían con ello para iniciarles en el manejo e ir formándoles progresivamente. Al mismo tiempo se irían analizando y resolviendo los problemas o dificultades que surgieran hasta conseguir el correcto funcionamiento. Para esta primera puesta en marcha se estimó que tras 3 semanas de adaptación del personal a trabajar siguiendo su metodología se podrían conseguir la depuración de los errores surgidos y comenzar con la implantación del segundo grupo de artículos.

El procedimiento a seguir sería el mismo solo que en esta fase se incluye la activación en el sistema de la prohibición de niveles de inventario negativo y la concienciación en la empresa de la importancia de seguir cada paso para evitar que aparecerán valores negativos. La razón que motivó la activación en esta fase es que previamente hubiera afectado a los artículos de segunda prioridad y a su normal producción dado que sus inventarios no habrían sido actualizados, presentando valores negativos. En esta fase los niveles de inventario de primera prioridad y segunda ya habrían sido actualizados y no habría valores negativos a los que la prohibición pudiera afectar.

En definitiva, según la previsión elaborada, el sistema estaría en funcionamiento como se indicó en el plan inicial tras casi 9 semanas (43 días hábiles) de implantación el 26/06/2014, dado que la fase de pre-implantación se ha finalizado en el tiempo establecido inicialmente, sin retrasos (24/04/2014). Por su parte, la implantación completa finalizaría tras cerca de 18 semanas (87 días hábiles) el 26/08/2014. Sin embargo, como se mostrará en el siguiente capítulo, ninguna de las fases se finalizará a tiempo.

13. Fases iniciales de la implantación

Esta sección tiene como objetivo describir las fases del Plan de Implantación propuesto realizadas/completadas hasta el momento. Las etapas descritas se enfocan principalmente en la preparación de documentación y equipos, puesta en común con los departamentos y la centralización de la información genérica y relativa a los artículos de primera prioridad, dispersa hasta la actualidad en la organización de estudio.

13.1 Elaboración de documentación y equipos de trabajo y puesta en común con los diferentes departamentos

Para elaborar los equipos se empleo como herramienta las gráficas de responsabilidad. Estas técnicas también conocidas como matrices de asignación de responsabilidades son empleadas en la administración de proyectos dado que son especialmente útiles en la asignación de actividades a las personas que participan en el proyecto y permiten verificar que en cada miembro del equipo tenga asignada una labor. Estas matrices se observa en la imagen en la que las actividades a realizar son detalladas a lo largo de la parte superior y los miembros del equipo del proyecto responsables de la activada asignada en el lateral.

En la elaboración de esta matriz se tuvo en cuenta que las personas que utilizaran los resultados del proceso desempeñen el proceso acercándoles a la nueva metodología de trabajo y términos. Del mismo modo las fases de captura de información se asignan a las personas que tienen acceso a su fuente. Es decir la información se recopila y captura en la fuente donde se creó para evitar con este enfoque ingresos de datos erróneos y costosos reingresos.

Como se aprecia también se ha valorado que las actividades de que entrañan una menor dificultad y su realización es más rápidas son asignadas a un menor número de personas para equilibrarlo con otras que son de mayor complejidad a las que se asignan grupos mayores. Por ello, las fases como recopilación de tiempos y recursos de verificación de la que se encargaría una sola persona se calcula que teniendo en cuenta que de la primera prioridad se deben recopilar 650 artículos de la primera prioridad en 8 días la cantidad diaria sería de una media de 82 artículos. Para las actividades en las que participan 4 personas la cantidad diaria sería de un valor medio de 21 artículos que debido al mayor grado de complejidad se realizaría en un tiempo similar. en las que participa 1 persona. Para la segunda prioridad 1170 artículos se estimó que las tareas menos complejas implicaran la recopilación de 130 artículos diarios y las más complejas de 33. En este caso los valores son significativamente mayores porque se ha tenido en cuenta que en la segunda etapa de implantación el personal habrá adquirido la agilidad suficiente y conocimiento de las tareas que podrían cumplir con los objetivos en el mismo tiempo.

13. Fases iniciales de la implantación



Tabla 7: Matriz de asignación de responsabilidades del plan de implantación (Fuente: Elaboración Propia).

ACTIVIDADES	ROLES						
	Almacén (1 persona)	D. Montaje (1 persona)	D. Fabricación (2 personas)	D. Ingeniería de calidad (1 persona)	D. Ingeniería de procesos (1 persona)	D. Comercial (1 persona)	D. Control de producción (8 personas)
Bases de datos maestros generales							X
Acopio de estructuras						X	X
Acopio de características de artículo							X
Acopio recursos, tiempos y utillajes	X	X	X	X			
Migración características de artículo							X
Migración de estructuras							X
Migración de hojas de ruta					X		X
Migración de recursos, tiempos y utillajes							X
Comprobación de características de artículo							X
Comprobación de estructuras						X	X
Comprobación de hojas de ruta					X		
Comprobación de recursos, tiempos y utillajes	X	X	X	X			
Recuento de inventario físico y actualización de los niveles	X	X				X	X
Seguimiento y apoyo							X
Cálculo de necesidades y generación de documentos	X	X	X	X	X	X	X
Ajuste del software y procesos							X

13. Fases iniciales de la implantación

A continuación, se generaron informes con las explicaciones de los términos nuevos a manejar, así como guías detalladas con los pasos a seguir indicando con capturas de pantalla los campos. Asimismo se elaboraron tablas con la información a recopilar personalizadas para cada departamento y miembros del equipo. Se incluyó también los objetivos y responsabilidades a cumplir diariamente por cada miembro.

Seguidamente, se convoca a los responsables de departamento a diferentes reuniones con el objetivo de concretar los plazos, objetivos, responsabilidades y explicar en detalle el procedimiento y a seguir con la ayuda de la documentación generada y la gráfica de responsabilidad.

13.2 Centralización de la información de primera prioridad

Para lograr una completa centralización de la información, en esta fase se realiza una primera definición y acopio de la información necesaria, importación al sistema y comprobación de la corrección de la información importada.

Para empezar, es necesario considerar que disponer de información fiable y precisa es un requisito imprescindible para asegurar la calidad/validez/utilidad de los resultados devueltos por el sistema MRP relativos a la planificación. Además, este tipo de software son muy estrictos con los requerimientos de parametrización y cualquier incorrección o falta de información supone/implica/conlleva la incorrección de los cálculos o la incapacidad para realizar el primer cálculo/ la ausencia de resultados/ su no funcionamiento. Por esta razón, la definición y recopilación de la información es un proceso delicado y de gran importancia que debe ser realizado cuidadosamente dado que algunas decisiones pueden ser irreversibles.

Con este aspecto presente, se decide dividir esta etapa en dos fases:

- Centralización de **datos maestros de tipo general**
- Centralización de **datos maestros de tipo específico** para cada producto.

13.3 Datos maestros generales

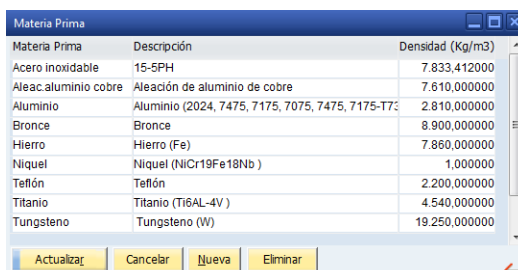
Este primer grupo comprende aquellos datos que deben ser previamente introducidos en el sistema para la posterior parametrización individual de los productos. Por este aspecto y su carácter generalistas que facilita su modificación posterior, son los primeros en ser definidos, recopilados e incorporados en las bases de datos de Be.as, siguiendo el orden:

- Materia prima
- Unidades de medida
- Calendario y horarios
- Recursos
- Utillajes

13. Fases iniciales de la implantación

1. Materia prima

En esta primera base de datos se recopilan los tipos de materia prima que utiliza la empresa para la fabricación, detallando las densidades correspondientes a cada uno de ellos. Como se observa en la imagen inferior, es un grupo limitado de materiales por lo que su recopilación e incorporación al sistema se hace de un modo directo. Además, este tipo de información es de consulta continua, por ejemplo para la compra de materiales, por lo que su recopilación en el sistema facilita el acceso a los departamentos que requieran consultarla.



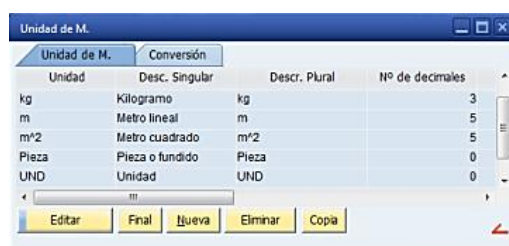
Materia Prima	Descripción	Densidad (Kg/m3)
Acero inoxidable	15-5PH	7.833,412000
Aleac. aluminio cobre	Aleación de aluminio de cobre	7.610,000000
Aluminio	Aluminio (2024, 7475, 7175, 7075, 7475, 7175-T7)	2.810,000000
Bronce	Bronce	8.900,000000
Hierro	Hierro (Fe)	7.860,000000
Niquel	Niquel (NiCr19Fe18Nb)	1,000000
Teflón	Teflón	2.200,000000
Titanio	Titanio (Ti6AL-4V)	4.540,000000
Tungsteno	Tungsteno (W)	19.250,000000

Ilustración 76: Datos maestros de materia prima en Be.as.

2. Unidades de medida

Para poder gestionar las diferentes unidades de inventario, consumo, compra o venta se requiere la generación de una base de datos que las agrupe. Esta permitirá habilitar posteriormente que aparezcan las diferentes unidades de medida como opción para la parametrización de cada artículo y sus materiales, y que el cálculo de la planificación se realice en función de la precisión necesaria especificada por el número de decimales definido en cada unidad.

De este modo, se ha definido una mayor precisión para las unidades de medida de longitud y superficie debido a las estrechas tolerancias que se manejan en estos ámbitos. En el caso de la unidad de masa se ha decidido definir como número de decimales para los cálculo 3 ya que no se trabaja con valores menores a 1 gramo. En cuanto a las unidades, no se requieren decimales por ser valores enteros y se mantiene la unidad Pieza y se crea UND. La primera era la que había originalmente en el sistema y no puede ser eliminada porque afecta ciertos elementos del sistema. Una vez se parametricen las unidades adecuadas de cada artículo se deberá proceder a su eliminación de esta base de datos.



Unidad	Desc. Singular	Desc. Plural	Nº de decimales
kg	Kilogramo	kg	3
m	Metro lineal	m	5
m^2	Metro cuadrado	m^2	5
Pieza	Pieza o fundido	Pieza	0
UND	Unidad	UND	0

Ilustración 77: Datos maestros de las Unidades de Medida en Be.as.

13. Fases iniciales de la implantación

3. Calendarios y horarios

Con el objetivo de controlar la capacidad, utilización de los recursos y disponibilidad, es preciso especificar previamente los calendarios de turnos de recursos, horarios y el calendario de días festivos y laborables en los que es posible o no utilizarlos.

En primer lugar, se crean 4 calendarios de turnos como se muestra en la imagen inferior: de Lunes a Domingo de 24 horas para ciertas máquinas productivas, Lunes a Sábado de 11 horas para montajes, Lunes a Sábado de 24 horas para un segundo grupo de máquinas productivas y Lunes a Viernes de 11 horas para personal de ingeniería, embalaje, almacén o pulido entre otros.



ID	Descripción	Calendario
L-D 24	Calendario de Lunes a Domingo de 24 horas	Calendario L-D 24H
L-S 11	Calendario de Lunes a Sabado de 11 horas.	Calendario L-S 11H
L-S 24	Calendario de Lunes a Sabado de 24 horas	Calendario L-S 24H
L-V 11	Calendario de Lunes a Viernes de 11 horas.	Calendario L-V 11H

Ilustración 78: Datos maestros de calendarios de turnos de recursos en Be.as.

A continuación, se detalla en cada uno de ellos sus horarios y eficiencia, resumidos en la tabla. Esta medida de eficiencia se obtiene como una medida de productividad al dividir las horas reales de trabajo por las horas teóricas. En ella se incluye el tiempo dedicado a los descansos legales y a las ineficiencias y es un valor observado por la organización a lo largo de la experiencia.

Tabla 6: Horario y eficiencia en función del calendario en la organización en estudio.

Calendario	Semana	Sábado	Domingo	Eficiencia (%)
Calendario L-D 24 h	00:00-23:59	00:00-23:59	00:00-23:59	86.5
Calendario L-S 11 h	08:00-19:00	08:00-19:00		91.6
Calendario L-S 24 h	00:00-23:59	00:00-23:59		86.5
Calendario L-V 11 h	08:00-19:00			91.6

En segundo lugar, se definen los días festivos y los puentes definidos por la empresa puesto que en ocasiones es poco rentable producir, por ejemplo, un sábado laboral tras dos días festivos y previos a una nueva parada el domingo, como se muestra en la imagen inferior para el mes de mayo. Como se puede observar, además, se indica con colores los días de trabajo con jornada continua (verde), jornada parcial (violeta) y festivos (rojo) por calendario de turnos para facilitar su identificación.

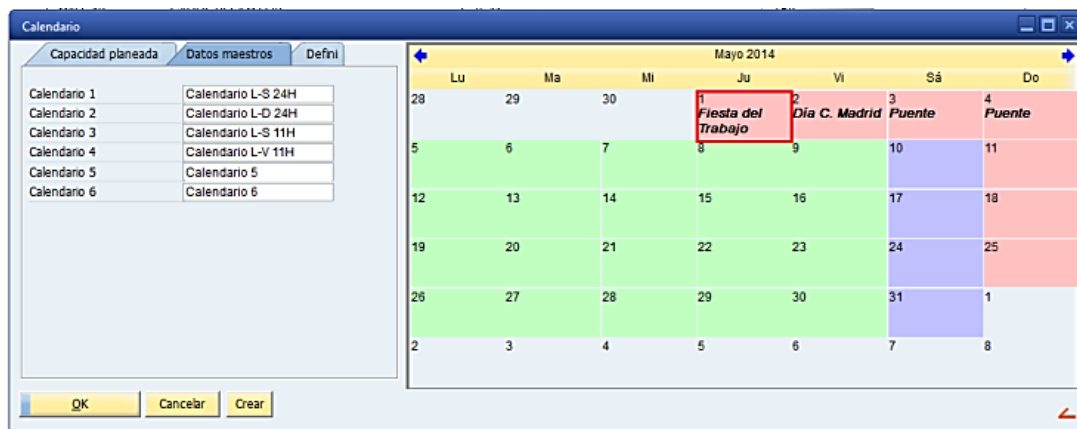


Ilustración 79: Calendario en Be.as.

4. Recursos

Para empezar, se recopilan todos los recursos, se les asigna un código para facilitar su identificación y se clasifican en los siguientes grupos, como se representa abajo en la Ilustración:

- **Grupo de calidad:** Incluye dos recursos de medición manual (MM1) y dos máquinas de medición por coordenadas para piezas de mayor complejidad o grandes dimensiones (MMC1 y MMC2).
- **Ingeniería:** incorpora al personal encargado de la programación del mecanizado de piezas y utillajes. Se decide incluir este grupo en la base de datos de recursos puesto que la etapa de programación supone un cuello de botella en la producción y es uno de los mayores limitantes, de modo que es especialmente importante realizar una planificación de su actividad.
- **Maquinaria auxiliar:** engloba aquellos recursos que apoyan la producción como puede ser la sierra de corte, el personal de pulido, enderezado y salida de almacén o el transporte. En este último recurso se incluye además de los transportes de un solo día, dos recursos más para envío superiores fuera de España. Esto se decide así en vista del interés a corto plazo por internacionalizarse.
- **Maquinaria productiva:** se corresponde con todos los centros de mecanizado.
- **Maquinaria no productiva:** representa a toda la maquinaria necesaria para realizar tareas complementarias al mecanizado como taladros o equipos de soldadura.
- **Personal de embalaje:** actualmente se cuenta con dos personas para la realización de la protección y embalaje. Sin embargo, debido a la alta importancia de la protección de los productos para cumplir con las normas de calidad se ha decidido incorporarlos a la lista para controlar dicha operación.

13. Fases iniciales de la implantación

- **Subcontratados:** se incluyen los recursos que se contratan a otras empresas como los tratamientos superficiales, el montaje (MONTEC), ciertos transportes o mecanizados.

Recursos						
Recursos	Administración de Grupos	Todo Recursos	Gráfico de recursos			
Grupo	Descripción	Turno	Nombre	Desde	Interrupción	Carga
CALIDAD						
Grupo de Calidad						
MM1	Recurso para medición manual	L-V 11				/ 58
MMC1	Máquina de Medición por coordenadas hasta 6 m x	L-V 11				/ 58
MMC2	Máquina de Medición por coordenadas 4m x 1,5 m	L-V 11				/ 58
INGENIERÍA						
Ingeniería						
PROG_01	Programador 1	L-V 11				/ 51
PROG_02	Programador 2	L-V 11				/ 51
PROG_03	Programador 3	L-V 11				/ 51
PROG_04	Programador 4	L-V 11				/ 51
PROG_05	Programador 5	L-V 11				/ 51
PROG_06	Programador 6	L-V 11				/ 51
MAQUINARIA AUXII Máquinas auxiliares						
AUX_001	Sierra de corte	L-V 11				/ 58
AUX_021	Personal para salidas de almacén	L-V 11				/ 173
AUX_030	Pulido	L-V 11				/ 231
AUX_040	Enderezado	L-V 11				/ 58
AUX_1D	Envíos de 1 día	L-V 11				/ 58
AUX_3D	Envíos de 3 días	L-V 11				/ 58
AUX_5D	Envíos de 5 días	L-V 11				/ 58
MAQUINARIA PROO Centros de mecanizado						
MAQ_01	DECKEL MAHO DMF 220 Linear	L-S 24				17 / 156
MAQ_02	DECKEL MAHO DMU 125 P hi-dyn	L-S 24				43 / 156
MAQ_03	DECKEL MAHO DMU 125 P hi-dyn	L-S 24				3 / 156
MAQ_04	DECKEL MAHO DMU 125 P hi-dyn	L-S 24				82 / 156
MAQ_05	MAZAK FJV-250	L-S 24				3 / 156
MAQ_06	MAZAK FJV-250	L-S 24				8 / 156
MAQ_07	MIKRON VCE 1000	L-S 24				4 / 156
MAQ_08	MIKRON VCE 1000	L-S 24				8 / 156
MAQ_09	CORREA 22/25	L-S 24				/ 156
MAQ_10	CORREA 22/20	L-S 24				/ 156
MAQ_11	OKUMA MX45VAE	L-S 24				1 / 156
MAQ_12	JOHNFOR VMC-820A	L-S 24				/ 156
MAQ_14	MIKRON VCP600	L-S 24				/ 156
MAQ_15	MIKRON VCP 600	L-S 24				/ 156
MAQ_16	FADAL VMC 4020A(MODEL 917)	L-S 24				/ 156
MAQ_17	MIKRON VCE 1000W PRO (V4)	L-S 24				/ 156
MAQ_18	MIKRON VCE 1000W PRO (V4)	L-S 24				210 / 156
MAQ_19	TORNO DOOSAN PUMA240 C	L-S 24				/ 156
MAQ_20	CORREA RAPID 50	L-S 24				/ 156
MAQ_21	CORREA A25/40	L-S 24				/ 156
MAQ_22	FIDIAK911 9000 OSVIMA	L-S 24				131 / 156
MAQ_23	FIDIAK911 OSSMA	L-S 24				3 / 156
MAQ_24	FIDIAK411/5	L-S 24				0 / 156
MAQ_25	MIKRON VCE 1600 PRO	L-S 24				/ 156
MAQ_52	TRONZADORA SABI PBS-250-A	L-S 24				/ 158
MAQ_53	HAAS VF-11/50 3000	L-S 24				40 / 156
MAQ_54	FIDIA GTF 22.32	L-S 24				/ 156
MAQ_55	HAAS VF 5SSH 1300	L-S 24				/ 156
MAQ_64	MAZAK VTC-820/30	L-S 24				/ 156
MAQ_66	HAAS VF-8/40 TR 310	L-S 24				/ 156
MAQ_67	HAAS VF-8/40 TR 310	L-S 24				/ 156
NO PRODUCTIVA						
Maquinaria instalaciones de producción						
MAQ_26	KOKE TALSOLO32N	L-V 11				/ 58
MAQ_27	KOKE TALSOLO32N	L-V 11				/ 58
MAQ_28	PIMESPO CN-14	L-V 11				/ 58
MAQ_29	SUPER PENTA GRIZZLY	L-V 11				/ 58
MAQ_30	GRUPO SOLDAR HILO	L-V 11				/ 58
MAQ_31	GRUPO SOLDAR ELECTRICA	L-V 11				/ 58
MAQ_32	PUENTE GRUA 16T	L-V 11				/ 58
MAQ_33	NILFISK BARREDORA	L-V 11				/ 58
MAQ_34	TALADRO PULIDO	L-V 11				/ 58
MAQ_35	PARLEC SERIES 2500	L-V 11				/ 58
MAQ_36	ATLAS COPCO GA55 VSD AFF	L-V 11				/ 58
MAQ_37	ATLAS COPCO GA11C	L-V 11				/ 58
MAQ_38	ATLAS COPCO GA7C	L-V 11				/ 58
MAQ_41	ERLO TALADRO TS 25	L-V 11				/ 58
MAQ_42	ATLAS COPCO GA11	L-V 11				/ 58
MAQ_43	ATLAS COPCO GA11	L-V 11				/ 58
MAQ_44	ATLAS COPCO GA11	L-V 11				/ 58
MAQ_45	CARRETILLA OM XD 50	L-V 11				/ 58
MAQ_46	CARRETILLA OM THESA2	L-V 11				/ 58
MAQ_47	ATLAS COPCO GA37FF A 10 APB 400 50	L-V 11				/ 58
MAQ_48	ATLAS COPCO FD-90	L-V 11				/ 58
MAQ_49	ATLAS COPCO LSV 18 S080-1/B ROTALIN	L-V 11				/ 58
MAQ_50	ATLAS COPCO LSV 18 S080-1/B ROTALIN	L-V 11				/ 58
MAQ_51	ATLAS COPCO LSV 18 S080-1/B ROTALIN	L-V 11				/ 58
PERSONAL						
Personal						
EMB_01	Personal encargado de embalaje	L-V 11				/ 58
EMB_02	Personal encargado de embalaje	L-V 11				/ 58
SUBCONTRATISTA Mecanizado, trat. finales, montajes y transportes						
EXT_001	TRAT. SUPERFICIALES - PROCESO EXTERNO	L-V 11				0 / 51
EXT_002	MECANIZADO. PROCESO EXTERNO	L-V 11				/ 51
EXT_003	MONTAJES	L-S 11				/ 1649
EXT_004	TRANSPORTES	L-V 11				/ 51

Ilustración 80: Datos maestros de Recursos en Be.as.

13. Fases iniciales de la implantación

Una vez generados los calendarios y los recursos es posible pasar a la actualización de sus características principales. De este modo, es preciso activar para todos los recursos la planificación de su capacidad, a excepción de los recursos externos que no se requiere su planificación. En ese caso se establece un tiempo de tránsito que se corresponde con el lead time en días naturales. Como se muestra en la imagen inferior, para el recurso de subcontratación de tratamientos finales el tiempo de entrega que se establece es de 14 días al igual que para el resto de recursos externos, a excepción de montajes que se establece en 3 días.

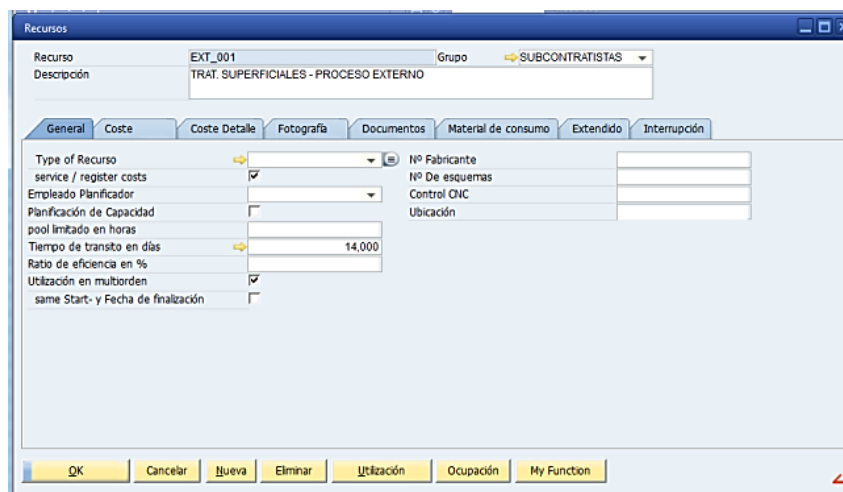


Ilustración 81: Parametrización del recurso de Tratamientos Superficiales en Be.as.

En el resto de recursos al activar la planificación, se ofrece la oportunidad de definir otros parámetros como la notificación en caso de limitación del recurso, la optimización automática, la capacidad teórica en horas por día, el número de máquinas por persona y el calendario de turnos de recursos que le corresponde. Por ejemplo, la sierra de corte está en funcionamiento teóricamente 9 horas al día y es controlada por un solo operador. Asimismo el calendario de trabajo que le corresponde es el de Lunes a Viernes de 11 h, en el cuál se ha especificado previamente una eficiencia de 91.6%. Por ello, de forma automática aparece el calendario asignado con las horas reales de capacidad disponibles diariamente, 0 el día 1 y 2 de mayo por ser festivo y 8 de lunes a viernes.

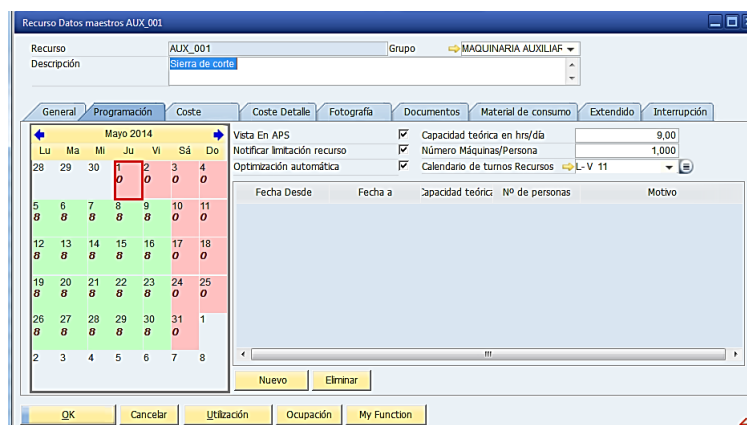
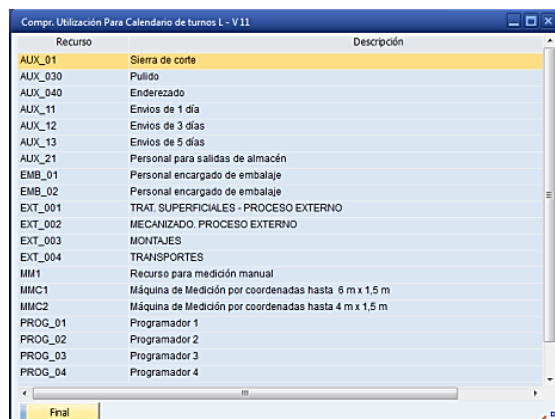


Ilustración 82: Parametrización del recurso Sierra de corte en Be.as.

13. Fases iniciales de la implantación

Finalmente, se generan los informes de utilización de cada calendario de turnos para comprobar que se han asignado correctamente a los recursos correspondientes. En la imagen inferior se muestra la lista de todos los recursos cuya capacidad está definida con el calendario de turnos de Lunes a Viernes de 11 horas.



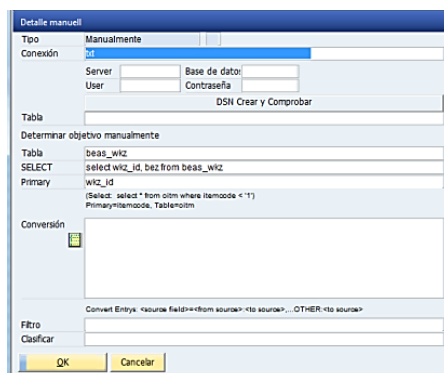
Recurso	Descripción
AUX_01	Sierra de corte
AUX_030	Pulido
AUX_040	Enderezado
AUX_11	Envíos de 1 día
AUX_12	Envíos de 3 días
AUX_13	Envíos de 5 días
AUX_21	Personal para salidas de almacén
EMB_01	Personal encargado de embalaje
EMB_02	Personal encargado de embalaje
EXT_001	TRAT. SUPERFICIALES - PROCESO EXTERNO
EXT_002	MECANIZADO. PROCESO EXTERNO
EXT_003	Montajes
EXT_004	Transportes
MM1	Recurso para medición manual
MMC1	Máquina de Medición por coordenadas hasta 6 m x 1,5 m
MMC2	Máquina de Medición por coordenadas hasta 4 m x 1,5 m
PROG_01	Programador 1
PROG_02	Programador 2
PROG_03	Programador 3
PROG_04	Programador 4

Ilustración 83: Informe de utilización del calendario de turnos de L-V 11h en Be.as.

5. Utillajes

Para finalizar con la centralización de los datos maestros generales se importa la lista de utillajes existente por medio de la programación de una importación específica en Be.as. Para ello se modifica el archivo en formato Excel de forma que la primera columna corresponda con la identificación del utillaje y la segunda con su descripción (estructura de la base de datos de destino) y se guarda en formato de texto delimitado por tabulaciones.

A continuación, se adjunta el archivo y se procede a identificar el nombre del campo de destino en lenguaje SQL. En este caso, la tabla de destino era beas_wkz y los campos correspondientes al código de utillaje y a su descripción wkz_id y bez. Una vez encontrados se les define como objetivo de la importación (imagen inferior) y se les hace corresponder a wkz_id la primera columna del archivo de texto (Código del utillaje) y a bez (Descripción del utillaje) la segunda.



Detalle manual

Tipo: Manualmente

Conexión:

Server: Base de datos:

User: Contraseña:

Tabla:

Determinar objetivo manualmente

Tabla: beas_wkz

SELECT: select wkz_id, bez from beas_wkz

Primary: wkz_id

(Select: select * from oim where itemcode < '1')

Primary itemcode, Tablenotim

Conversión:

Convert Entry: <source field>=<from source>...<OTHER>=<to source>

Filtro:

Clasificar:

Ilustración 84: Programación manual de la importación de utillajes en Be.as.

13. Fases iniciales de la implantación

Finalmente, se activa la importación y se compara que los datos han sido correctamente importados, no produciéndose en este caso ningún error. En la ilustración se muestran los primeros 25 utillajes importados a la base de datos de gestión de utillajes.

Gestión de utillajes		
Utillajes		Gastos de Servicios
#	Utillaje	Descripción
1	AV67021061003MFDX-01	Utl de fresar
2	CENT-TRUNNION	CENTRADOR TRUNNION VF8
3	FRCN-00013-B	FRCN-03-V551-82516-202-203-E1
4	FRCN-00251-A	FRCN-01-V538-63452-200-E1-A
5	FRCN-00261-A-B	FRCN-01-V538-63416-200-E1-A-B
6	FRCN-00291-A	FRCN-01-V538-63352-200-E1
7	FRCN-00311-A-B	FRCN-01-V538-63307-200-E1
8	FRCN-00321	FRCN-01-V538-63322-200-E1 (UTILLAJE POS-2)
9	FRCN-00331	FRCN-01-V538-63348-200-E1
10	FRCN-00341-A-B	FRCN-01-V538-63487-200-E1
11	FRCN-00351-A-B	FRCN-01-V538-63486-200-E1
12	FRCN-00361-A-B	FRCN-01-V538-63412-200-E1
13	FRCN-00391-A	FRCN-01-V538-63432-200-A-E1
14	FRCN-00401	FRCN-01-V538-63431-200-E1 (UTIL POS-2)
15	FRCN-00411	FRCN-01-V538-63441-200-E1 (POS-2)
16	FRCN-00421-A	FRCN-01-V538-63442-200-A-E1
17	FRCN-00431	FRCN-01-V538-63331-200-E1
18	FRCN-00581-A-B	V538-63655-200 UTIL COMPUESTO POS-2
19	FRCN-00586-A-B	V538-63655-201 UTIL COMPUESTO POS-2
20	FRCN-00701-ABC	FRCN-01-V539-87650-200-A-B-C-E2
21	FRCN-00741-6	FRCN-01-V538-63253-200-201-E1
22	FRCN-00741-6A	FRCN-01-V538-63253-200-201-A-E1 (BRIDA)
23	FRCN-00951	FRCN-01-V215-83306-200-E1
24	FRCN-00956	FRCN-01-V215-83306-201-E1
25	FRCN-00971	FRCN-01-V215-86201-200-E1 (UTIL POS-1)

Ilustración 85: Lista de los primeros utillajes importados correctamente a Be.as.

13.4 Datos maestros específicos a cada producto

Estos datos son más críticos que los generales debido a su complejidad y a la imposibilidad de modificarlos, en algunos casos, una vez son introducidos en el sistema o realizada alguna transacción. Por esa razón, es importante poner una especial atención en los procesos de captura de la información y migración.

Estructuras de artículos

Tras definir los artículos pertenecientes a la primera prioridad, se lleva a cabo la extracción de las estructuras de artículos (BOM) en la fuente. En unos casos en la plataforma online de los clientes como puede ser SPRINT de AIRBUS y en otros en las listas de partes enviadas por los clientes, en paralelo con la actualización de hojas de rutas.

Estas estructuras se van cumplimentando en una tabla siguiendo el formato necesario para la posterior importación (listas de nivel único). Así las columnas seguían el orden: Artículo padre, posición del hijo en la lista de materiales, artículo hijo, operación en la que es necesaria la utilización del artículo hijo, unidad de consumo del artículo hijo por cada unidad fabricada del padre, y cantidad necesaria de artículo hijo para fabricar un artículo padre, como se muestra a continuación:

13. Fases iniciales de la implantación

Tabla 7: Listas de materiales de los productos de primera prioridad.

PADRE	POSICIÓN	HLJO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD
42044003400103	1	7475T7351PLA57.1	AL 7475-T7351, 2.25" FORMATO: 215 mm X 360 mm = 1 PIEZA	m²	0,0774
42044003400203	1	7475T7351PLA57.1	AL 7475-T7351, 2.25" FORMATO: 215 mm X 360 mm = 1 PIEZA	m²	0,0774
44244003600103	1	BUTTSTRAP-PLA85	(Ti6AL4VPLA85): 930mm x 335mm x 85mm = 1 PIEZA	m²	0,31155
44244003700103	1	BUTTSTRAP-PLA85	(Ti6AL4VPLA85): 1150mm x 525mm x 85mm = 1 PIEZA	m²	0,60375
44244003800103	1	BUTTSTRAP-PLA95	Material: Ti6AL-4V (Dim: 1450 x 340 x 95mm)	m²	0,493
44244003800203	1	BUTTSTRAP-PLA95	Ti6AL-4V (Dim: 1450 x 340 x 95mm)	m²	0,493
44244011200101	1	7050T7451PLA38.1	AL 7050-T7451" 1560mm x 560mm x 38.1mm = 1 PIEZA	m²	0,8736
44244011300102	1	Ti6AL4VPLA44.4	TI 6AL-4V" 2060mm x 540mm x 44.5mm = 1 PIEZA	m²	1,1124
44244011700101	1	7075T7351ROD76.2	AL 7075-T7351" Longitud = 310m y Diametro = 76.2mm = 1 PIEZA	m	0,3100
52044000140501	1	MS21070L08	MS21070L08 NUT. Plate, Two Lug Catalogu	UND	2
52044000140501	2	CCR244CS-3-02	CCR244CS-3-02 RIVET. Blind, 10	UND	4
52044000140501	3	MS20470AD4-5	MS20470AD4-6-RIVET.-Al. Univer	UND	2
52044000140501	4	HST10BJ-6-4	HST10BJ-6-4 PIN. Pan Shear He	UND	28
52044000140501	5	HST79CK-6	HST79CK-6 COLLAR. Shear, Al.	UND	28
52044000140501	6	MILS81733 TIV-12	MIL-S-81733 TypeIV-12 Sealant	UND	0
52044000140501	7	145-66869-005	WEB, RIB 9, LH-MB	UND	1
52044000140501	8	145-66919-001	FITTING, RIB 9, LH-MB	UND	1
52044000140501	9	145-66940-401	BRACKET 2, ASSY, RIB 9, LH-MB	UND	1
145-66128-005	1	7475T7351PLA57.1	7475T7351PLA57.1 (1680 mm X 300 mm)	m²	0,1457
145-66748-002	1	7475T7351PLA57.1	PL Al 7475-T7351, 2 1/4" (1575*185)	m²	0,2914
145-66778-003	1	7475T7351PLA63.5	7475T7351PLA63.5 (214*95)	m²	0,2033
145-66778-004	1	7475T7351PLA63.5	7475T7351PLA63.5 (214*95)	m²	0,2033
145-66997-001	1	7475T7351PLA38.1	7475T7351PLA38.1 (80*70)	m²	0,0056
145-66997-002	1	7475T7351PLA38.1	7475T7351PLA38.1 (80*70)	m²	0,0056
145-67737-004	1	7475T7351PLA38.1	7475T7351PLA38.1 (80*70)	m²	0,0056
145-68265-009	1	7475T7351PLA63.5	7475T7351PLA63.5 (160*175)	m²	0,028
145-68265-010	1	7475T7351PLA63.5	7475T7351PLA63.5 (160*175)	m²	0,028
145-68502-406	1	145-68503-006	HINGE FITTING-SPOILERS/S.BRAKE	UND	1
145-68503-006	1	MS28913-5C	MS28913-5C BEARING. Roller, Do	UND	1
145-68503-006	2	MS16625-3125	MS16625-3125 RING, Retaining.	UND	1
145-68503-006	3	P/S870C-12	P/S870C-12 SEALANT.	UND	0
145-68504-003	1	7475T7351PLA57.1	TI 6AL4V P6AL4V 2.25IN (Dim: 255 x 80 x 60mm)	m²	0,0204
145-68504-004	1	7475T7351PLA57.1	TI 6AL4V P6AL4V 2.25IN (Dim: 255 x 80 x 60mm)	m²	0,0204
145-73110-005	1	7475T7351PLA57.1	PL Al 7475-T7351, 2 1/4" (141*61)	m²	0,0086
145-73110-006	1	7475T7351PLA57.1	PL Al 7475-T7351, 2 1/4" (141*61)	m²	0,0086
145-73111-003	1	7475T7351PLA50.8	AL 7475-T7351, 2.00" (250 mm X 135 mm)	m²	0,0338
145-73111-004	1	7475T7351PLA50.8	7475T7351PLA50.8 (250*135)	m²	0,0345
145-73112-003	1	7475T7351PLA6.3	7475T7351PLA6.3 (400*120)	m²	0,048
145-73113-004	1	7475T7351PLA6.3	7475T7351PLA6.35 (425*74)	m²	0,03145
145-73114-003	1	7475T7351PLA25.4	7475T7351PLA25.4 (320*50)	m²	0,016
145-73114-004	1	7475T7351PLA25.4	7475T7351PLA25.4 (320*50)	m²	0,016
145-73138-003	1	7475T7351PLA63.5	PL Al 7475-T7351, 2 1/2" (334*50)	m²	0,0167
145-73138-004	1	7475T7351PLA63.5	7475T7351PLA63.5 (425*74)	m²	0,03145
145-73139-003	1	7475T7351PLA38.1	7475T7351PLA38.1 (155*85)	m²	0,013175
145-73139-004	1	7475T7351PLA38.1	7475T7351PLA38.1 (155*85)	m²	0,013175
145-73140-003	1	7475T7351PLA38.1	PL Al 7475-T7351, 1 1/2" (144*32)	m²	0,0046

Una vez se obtuvieron todas las estructuras, la cantidad de artículos pasó de 650 a 1000 incluyendo todos los componentes que conforman los montajes y a su vez están compuestos de otros elementos.

Además se crearon artículos genéricos relativos a los servicios de tratamientos finales por cliente y montaje. Con ello hay que recordar que al añadirlos en los casos que sean necesarios esos procesos en la lista de materiales se generaran automáticamente los pedidos de subcontratación correspondientes con la fecha de entrega en la que es necesario que estén disponibles para las próximos procesos, el proveedor, coste entre otras características, en la siguiente imagen se resumen los relativos a tratamientos superficiales, a modo de ejemplo:

Lista de Artículos		
Buscar <input type="text"/>		
#	Número de artículo	Descripción de artículo
19233	TTSS-AGR-00001	Tratamientos superficiales - AIR GROUP
19234	TTSS-GAZC-00001	Tratamientos superficiales - GAZC
19235	TTSS-ICSA-00001	Tratamientos superficiales - Intenational Composites S. A.
19236	TTSS-MHC-00001	Tratamientos superficiales - Metal Chrome
19237	TTSS-MPB-00001	Tratamientos superficiales - MPB AEROSPACE
19238	TTSS-NMF-00001	Tratamientos superficiales - NMF EUROPA

Ilustración 86: Lista de artículos genéricos por cliente de tratamientos finales.

13. Fases iniciales de la implantación

Características básicas de artículo

Conociendo todos los artículos que conforman las estructuras, seguidamente, se define para cada uno de los artículos padres e hijos las características necesarias para su completa parametrización en Be.as y el código identificativo para que la aplicación, Data Transfer Workbench, que se utilizará para la importación interprete la información. Entre estos campos destaca:

- **Código de artículo**
- **Descripción**
- **Grupo de artículos**
- **Artículo de compra, venta o inventario:** se debe indicar tyes en caso afirmativo para cada uno de ellos o tno en caso contrario. Las tres pueden tener el valor tyes.
- **Suministrador principal**
- **Gestión por lotes o por número de serie:** solo una de ella puede ser identificada con el código tyes.
- **Sistema de planificación:** bop_MRP si el MRP debe tenerlo en cuenta y bop_None si no.
- **Sistema de abastecimiento:** producción o compra.
- **Cantidad mínima de orden**
- **Pedido múltiplo**
- **Lead time**
- **Unidad de ventas y compras**
- **Unidad de empaque de compras y ventas**
- **Cantidad de compras por unidad de empaque**
- **Cantidad de venta por unidad de empaque**
- **Almacén predeterminado**
- **Unidad de inventario**
- **Unidad de consumo**
- **Tipo de explosión:** por orden de fabricación, contra stock o sin explosión de lista de materiales.

Progresivamente y de forma detallada se va cumplimentando todos estos campos correspondientes a cada uno de los artículos. Asimismo, se aprovecha para establecer un criterio de identificación de los artículos finales y la materia prima. Con respecto a los productos finales se decide incluir en todos los correspondientes guiones y puntos evitando la repetición de artículos por las múltiples combinaciones de guiones, puntos, o comas. En cuanto a la materia prima se sigue la identificación general definida inicialmente. De esta manera, la tabla resume queda lista incluyendo estos criterios para la importación al sistema utilizando la aplicación nombrada al igual que las estructuras.

14. Dificultades de implantación en un sistema real

Aunque en teoría si se siguen los pasos del plan de ejecución del proyecto debería ser exitoso, es sorprendente la cantidad de proyectos que fracasan por otros factores propios del sistema real. De modo que a pesar del esfuerzo desempeñado por los equipos de trabajo a cargo, circunstancias que escapan a su control impiden el cumplimiento de los plazos.

A lo largo de este proyecto se ha conseguido cumplir con los objetivos y se ha podido preparar la implantación y además se ha dado la oportunidad de ampliar la beca para participar en las fases iniciales. Sin embargo, el plan general de la empresa de implantación ha experimentado una serie de circunstancias que han imposibilitado la materialización del plan previsto.

Al inicio del proyecto el objetivo marcado era el primer lanzamiento y correcto funcionamiento del sistema MRP en un área de la empresa a finales de junio y su completo funcionamiento en toda la empresa a finales de agosto. No obstante, al final los objetivos han cambiado debido a diferentes causas.

En primer lugar, como ya se ha mencionado anteriormente los sistemas MRP son mucho más que sistemas informáticos de gestión de la producción, son filosofías de trabajo y gestión. Por ello, no basta con conocer cómo funciona el software, sino que se trata de que los procesos y métodos de gestión sean acordes a esa filosofía. Así para lograr el éxito en la implantación de estos sistemas es muy importante que la empresa interiorice en su normal funcionamiento una filosofía de trabajo compatible con estos sistemas. En este caso, algunos de los problemas detectados en la fase de análisis no han sido resueltos con anterioridad al comienzo de la implantación, causando la no consecución del plan propuesto.

Por un lado, la metodología de trabajo seguida en la empresa de estudio continua basándose en la urgencia y la tradición. Hay que recordar que a causa de la preferencia que se le confiere a las urgencias se genera una reducción en la eficiencia y efectividad de los procesos y por tanto, un aumento de los costes y los tiempos.

Esto en consecuencia dificulta cumplir con los plazos de entrega previstos, dando lugar a un bucle que se repite sin fin. En esta línea, los niveles de urgencias han crecido hasta llegar a representar una gran carga de trabajo que eclipsa el funcionamiento global de la organización, impidiendo prestar atención a otros aspectos que por el momento no son urgentes pero si muy importantes, como la implantación de este sistema MRP.

Además, hasta ahora el alto nivel de facturación, la tradición y la reducida competencia, hacía que OSVIMA no detectara problemas significativos. Esta situación se puede comparar con el efecto río, de este modo la filosofía de trabajo por urgencia, la tradición y los niveles de facturación representarían el caudal del río que impide detectar los problemas (Ilustración 87). De este modo, el aumento de la competencia y el

14. Dificultades de implantación de un sistema real

consiguiente incremento de las exigencias de los clientes han hecho que ciertos factores salgan a la superficie, como pueden ser los retrasos en los plazos de entrega permitiendo que se les pueda prestar más atención.

No obstante, aún estos niveles son bastante altos y no permiten tomar conciencia realmente de la importancia de otros problemas más profundos, como la compleja organización o los niveles negativos de inventario y la creciente necesidad de resolverlos.

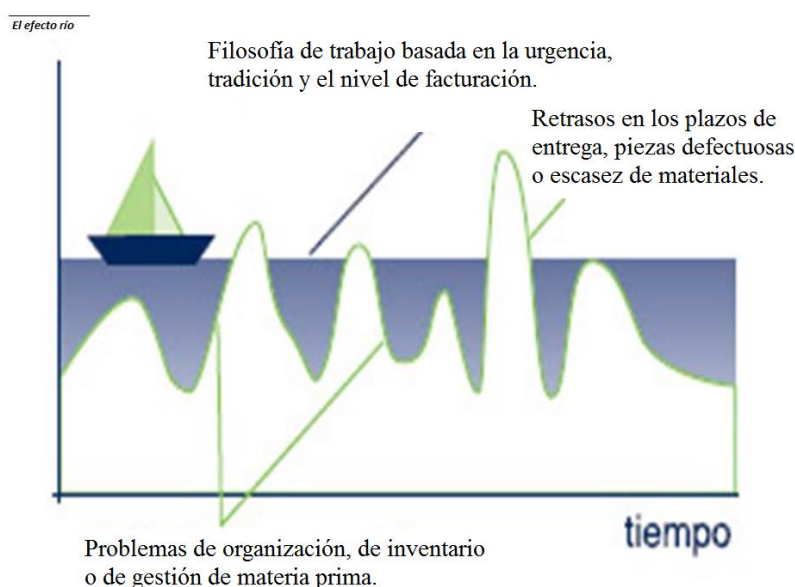


Ilustración 87: Efecto río en el caso de estudio.

Por otro lado, problemas como la ambigüedad siguen también sin ser resueltos. La falta de una voz clara y unificada desde los directivos que establezca quién debe hacer qué y quién es responsable del resultado con respecto a este proyecto hizo que los empleados que inicialmente iban a participar no participaran, al no saber que se esperaba exactamente que hicieran. Asimismo la falta de consenso respecto a los plazos, objetivos, responsabilidades y toma de medidas generaron mucha inseguridad.

Esto unido a la falta de una comunicación abierta, la tensión y la reticencia al cambio, condujo a que los miembros de los equipos siguieran haciendo frente a la alta carga de trabajo que tenían, en vista de que no se dejaba claro que debían hacer. Ante tal situación, todas las fases quedaron a cargo del estudiante, multiplicándose la carga de trabajo y los retrasos respecto al plan inicial.

14. Dificultades de implantación de un sistema real

Tabla 8: Matriz de asignación de responsabilidades del plan de implantación (Fuente: Elaboración Propia)

ACTIVIDADES	ROLES						
	Almacén (1 persona)	D. Montaje (1 persona)	D. Fabricación (2 personas)	D. Ingeniería de calidad (1 persona)	D. Ingeniería de procesos (1 persona)	D. Comercial (1 persona)	D. Control de producción (8 personas)
Bases de datos maestros generales							X
Acopio de estructuras							X
Acopio de características de artículo							X
Acopio recursos, tiempos y utillajes							X
Migración características de artículo							X
Migración de estructuras							X
Migración de hojas de ruta							X
Migración de recursos, tiempos y utillajes							X
Comprobación de características de artículo							X
Comprobación de estructuras							X
Comprobación de hojas de ruta					X		X
Comprobación de recursos, tiempos y utillajes							X

Como se ha observado el plan inicial correspondiente a las fases previas para la implantación se ha finalizado de acuerdo a los tiempos previstos. Asimismo las primeras fases del plan de implantación han sido completadas cumpliendo con dicha planificación. Sin embargo las fases siguientes han experimentado importantes retrasos como se observa en el resumen de tareas y duraciones reales del proyecto:

14. Dificultades de implantación de un sistema real

Task Moc	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	➤ Implantación	178 days	Mon 28/04/14	Wed 31/12/14	
2	➤ Elaboración de documentación y equipos de trabajo	1 day	Mon 28/04/14	Mon 28/04/14	
3	➤ Reunión con los departamentos	3 days	Tue 29/04/14	Thu 01/05/14	2
4	➤ Crear bases de datos maestros generales	8 days	Fri 02/05/14	Tue 13/05/14	3
5	➤ Artículos de primera prioridad	122 days	Wed 14/05/14	Thu 30/10/14	4
6	➤ Acopio de información	58 days	Wed 14/05/14	Fri 01/08/14	4
7	➤ Estructuras	23 days	Wed 14/05/14	Fri 13/06/14	4
8	➤ Características de artículo	25 days	Mon 16/06/14	Fri 18/07/14	7
9	➤ Recursos, tiempos y utillajes	10 days	Mon 21/07/14	Fri 01/08/14	8
10	➤ Migración de la información y comprobación de su exactitud	40 days	Mon 04/08/14	Fri 26/09/14	9;6
11	➤ Características de artículo	9 days	Mon 04/08/14	Thu 14/08/14	9
12	➤ Estructuras	10 days	Fri 15/08/14	Thu 28/08/14	11
13	➤ Actualización hojas de ruta	10 days	Mon 01/09/14	Fri 12/09/14	12
14	➤ Recursos, tiempos y utillajes	10 days	Mon 15/09/14	Fri 26/09/14	13
15	➤ Implantación aplicación de gestión de materia prima	4 days	Mon 29/09/14	Thu 02/10/14	14;10
16	➤ Recuento de inventario físico	2 days	Fri 03/10/14	Mon 06/10/14	15
17	➤ Actualización de niveles de inventario	3 days	Tue 07/10/14	Thu 09/10/14	16
18	➤ Primer lanzamiento MRP	0 days	Fri 10/10/14	Fri 10/10/14	17
19	➤ Cálculo de necesidades y generación de documentos	15 days	Fri 10/10/14	Thu 30/10/14	18
20	➤ Formación y apoyo	15 days	Fri 10/10/14	Thu 30/10/14	18
21	➤ Ajuste del software y procesos hasta su correcto funcionamiento	15 days	Fri 10/10/14	Thu 30/10/14	18
22	➤ Funcionamiento correcto	0 days	Fri 31/10/14	Fri 31/10/14	5;19;20
23	➤ Artículos de segunda prioridad	43 days	Fri 31/10/14	Tue 30/12/14	22
24	➤ Acopio de información	9 days	Fri 31/10/14	Wed 12/11/14	22
25	➤ Estructuras	9 days	Fri 31/10/14	Wed 12/11/14	22
26	➤ Características de artículo	9 days	Fri 31/10/14	Wed 12/11/14	22
27	➤ Recursos, tiempos y utillajes	9 days	Fri 31/10/14	Wed 12/11/14	22
28	➤ Migración de la información y comprobación de su exactitud	13 days	Thu 13/11/14	Mon 01/12/14	24
29	➤ Características de artículo	3 days	Thu 13/11/14	Mon 17/11/14	25;26;27
30	➤ Estructuras	3 days	Tue 18/11/14	Thu 20/11/14	29
31	➤ Actualización hojas de ruta	7 days	Tue 18/11/14	Wed 26/11/14	29
32	➤ Recursos, tiempos y utillajes	3 days	Thu 27/11/14	Mon 01/12/14	31;30
33	➤ Recuento de inventario	2 days	Tue 02/12/14	Wed 03/12/14	28;32
34	➤ Actualización de inventarios y prohibición de niveles negativos	4 days	Thu 04/12/14	Tue 09/12/14	33
35	➤ Seguimiento	28 days	Fri 31/10/14	Tue 09/12/14	22
36	➤ Segundo lanzamiento MRP	0 days	Wed 10/12/14	Wed 10/12/14	34;35
37	➤ Cálculo de necesidades y generación de documentos	15 days	Wed 10/12/14	Tue 30/12/14	36
38	➤ Formación y apoyo	15 days	Wed 10/12/14	Tue 30/12/14	36
39	➤ Ajuste del software y procesos hasta su correcto funcionamiento	15 days	Wed 10/12/14	Tue 30/12/14	35
40	➤ Funcionamiento correcto	0 days	Wed 31/12/14	Wed 31/12/14	39;23;37;38

Ilustración 88: Resumen de las fases e hitos con fechas de comienzo y fin reales durante la implantación del sistema MRP (Fuente: Elaboración Propia).

Hasta ese punto el avance del proyecto dependía principalmente del desempeño del estudiante (fases en verde). Sin embargo, en la fase de implantación cuando se esperaba la participación de toda la empresa, los retrasos se dispararon y solo se finalizaron las primeras fases del proceso de implantación, indicadas en naranja.

Asimismo esto causa mayor ineficiencia y retrasos, ya que primero la falta de participación de los departamentos implicados desemboca en el paso de tareas en paralelo a tareas en serie por disponer de un solo recurso humano para su ejecución alargando los tiempos, como se observa en la imagen en las etapas en naranja.

Segundo, dado que los trabajadores conocen mejor la corrección de la información debido a su contacto directo con ella y tienen más experiencia. Esto fue otra fuente de retrasos e ineficiencias puesto que para la recopilación de la información era necesario consultarles y pedir acceso a diferentes fuentes de información, además de disponer de diferentes fuentes a veces que no coincidían por la falta de centralización de la información.

Si a todo esto se añade la elevada complejidad de la implantación de este tipo de sistemas, la situación se agrava de mayor forma. En definitiva, en muchas ocasiones aspectos como los factores humanos pueden llegar a tener más impacto en los resultados que algunos aspectos técnicos.

14. Dificultades de implantación en un sistema real

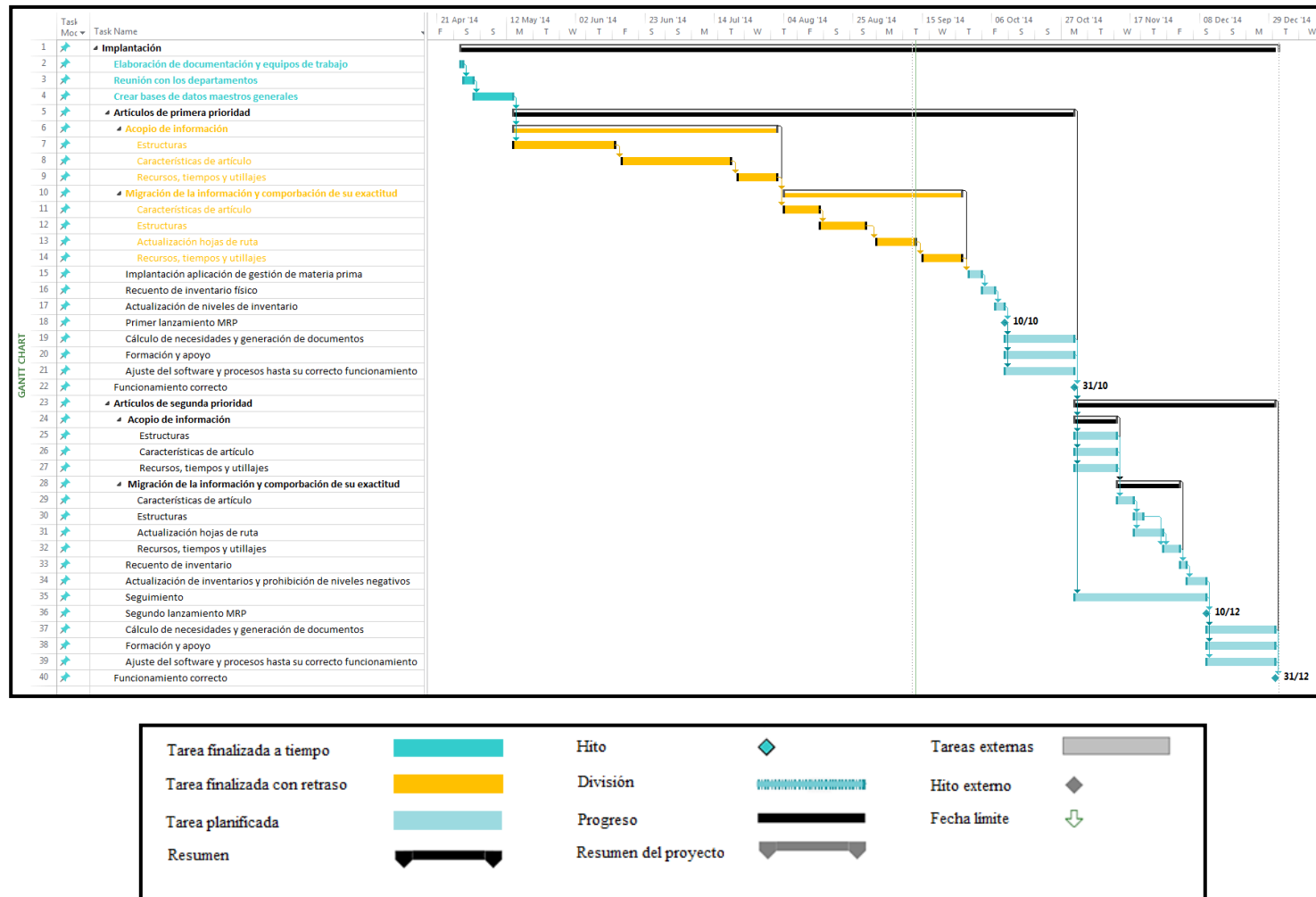


Ilustración 89: Gráfico Gantt del progreso real y cumplimiento del plan inicial de implantación del sistema MRP (Fuente: Elaboración Propia).

15. Plan de medidas complementarias

Tras analizar los resultados y conclusiones derivados de las fases previas para la implantación del sistema, se han elaborado las correspondientes propuestas de mejora para su puesta en práctica en paralelo con dicho proceso. Estas propuestas tienen como principal objetivo tratar de completar aquellos aspectos del sistema que se ha observado que no están cumpliendo totalmente todas las expectativas establecidas inicialmente.

De los aspectos evaluados, referentes tanto a la productividad, eficacia, organización, gestión de la calidad, integración como aporte de valor, algunos han sido respaldados muy positivamente por los resultados, otros positivamente y el resto, una menor parte, alcanzaron un nivel menos positivo que los anteriores. En función de estas valoraciones se clasificaron como “*Objetivos logrados*”, “*Objetivos logrados en gran parte*” y “*Objetivos a mejorar*”. Estos últimos imposibilitan el aprovechamiento total de todas las bondades que ofrece la combinación SAP y Be.as, por lo que en términos generales se plantean las siguientes propuestas para posibilitar su explotación:

- Activación del sistema APS.
- Instalación de sistemas de captura de datos en planta.
- Habilitación de acceso remoto para los clientes.
- Incorporación de la aplicación Intercompany.

15.1 Activación del sistema APS

En ciertos ámbitos industriales los tiempos de entrega, lead times, periodos de transición, capacidad y disponibilidad de los recursos son parámetros críticos en el proceso de creación de valor, como ocurre en el caso de OSVIMA. Todos estos parámetros hacen necesaria una planificación altamente detallada caracterizada por un alto grado de complejidad derivada de la interdependencia entre los componentes del sistema, de modo que encontrar una solución óptima es difícil [39].

Como se ha observado el sistema MRP hace una planificación de los materiales y del proceso productivo considerando una capacidad infinita de los recursos que no es suficiente para alcanzar la mejor solución. En estos entornos los sistemas APS (Advanced Planning and Scheduling System - Sistema de Planeación y Programación Avanzada) son especialmente útiles puesto que son capaces de realizar una planificación detallada en tiempo real y simultánea del stock y la producción, basada en los materiales disponibles, carga de trabajo y capacidad en planta, considerando esta última como finita [25].

Por dicha limitación del sistema MRP y la importancia de los elementos nombrados más arriba, Be.as necesita ser complementado con la opción APS que ya incluye pero que necesitar ser contratada y activada por el suministrador de dicho software.

15. Plan de medidas complementarias

Esta ampliación implicaría un nivel más avanzado de planificación que se traduciría en las siguientes aportaciones:

- ✓ Fácil selección o cambio de los recursos como maquinaria o herramientas [39].
- ✓ Aviso ante la falta de capacidad o disponibilidad de algún recurso o utillaje y activación de la fabricación de los utillajes en tal caso [39].
- ✓ Despliegue de representaciones gráficas (Gráficos de GANT) y comparaciones de las actividades con los recursos que permiten observar en tiempo real el estado del proceso productivo y el nivel de utilización de los recursos, como se ilustra en la imagen inferior [39].

En caso de inconvenientes, gracias al alto grado de transparencia que se alcanza y a la monitorización en tiempo real, se puede identificar inmediatamente dónde y cómo es necesario intervenir[39].

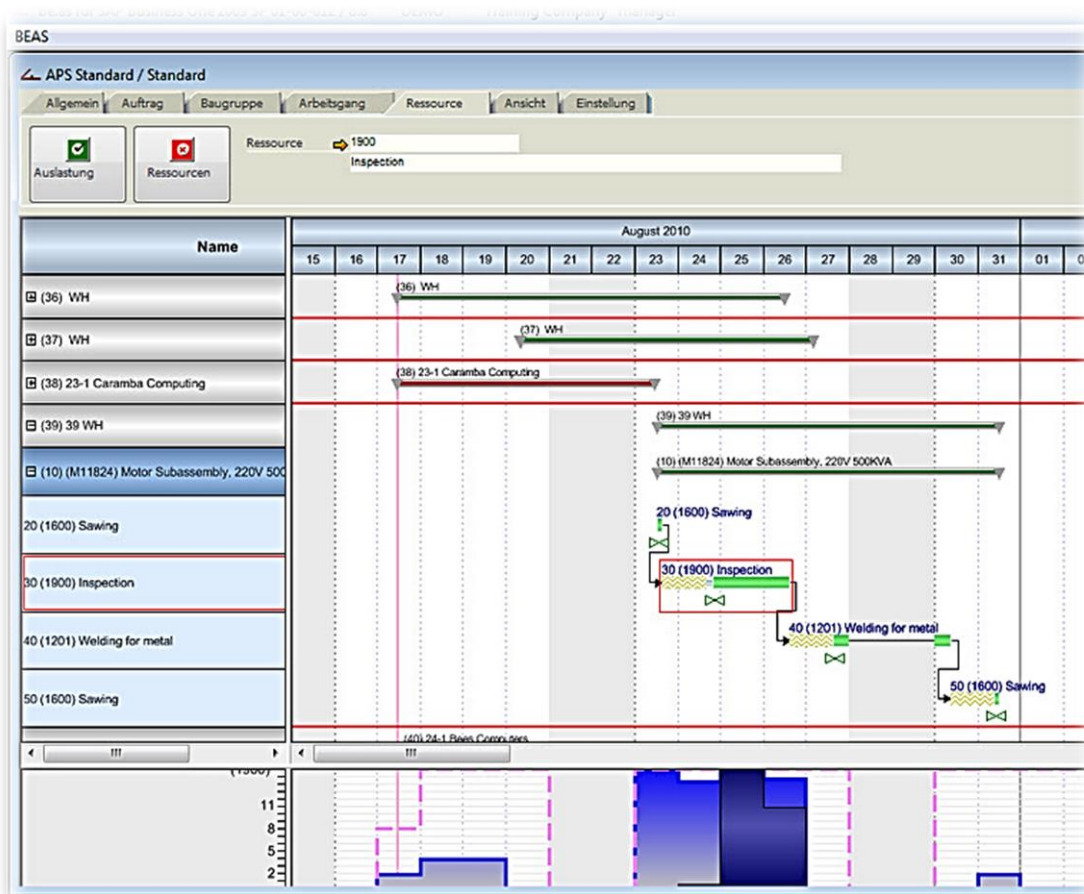


Ilustración 90: Visualización de las utilidades gráficas de la funcionalidad APS de Be.as [39].

- ✓ Facilita un uso más eficiente de los recursos al considerar sus restricciones. De esta forma, se consigue que los equipos estén trabajando siempre con el material

15. Plan de medidas complementarias

adecuado en el momento correcto y respondiendo a qué es más rentable producir con los recursos actuales [40].

- ✓ Eliminación de las listas de urgentes [41].
- ✓ Cumplimiento de la entrega de pedidos (70-100%) [41].
- ✓ Reducción del inventario de producción en proceso y producto terminado (15-80%) [41].
- ✓ Comprimir los tiempos de fabricación al reducir las interrupciones en planta, disminuyendo los tiempos de entrega (10-75%) [41].
- ✓ Reducción de costos indirectos (2-6%).
- ✓ Aumento del rendimiento (10-80%) [41].
- ✓ Apoyo y simplificación de la toma de decisiones mediante la simulación y determinación de forma instantánea del impacto en la fábrica de nuevos escenarios o cambios gracias a que se considera los recursos y el estado de carga en todo momento [40].

En definitiva, la funcionalidad APS ofrece interesantes soluciones para apoyar la planificación y programación de las actividades de las compañías como OSVIMA. Por ello, su activación sería un estupendo complemento para la combinación SAP y Be.as, resultando en una mayor velocidad, precisión y un servicio superior al cliente.

15.2 Instalación de sistemas de captura de datos

La identificación de los productos a través de la cadena de valor es un factor esencial para la correcta planificación y control de las operaciones. Asimismo afecta a el control riguroso de la trazabilidad y por ello también a el cumplimiento de las normas y requerimiento legales. Ambos aspectos, a su vez, tienen un impacto directo en la mejor percepción de los clientes de la fiabilidad y seguridad ofrecidas [42].

La creciente cantidad de transacciones a las que se enfrentan empresas como OSVIMA hace necesario disponer de más información y mejor. Para llevar a cabo una buena planificación cuyos resultados sean de utilidad se requiere que la información sea fiable y actualizada, de lo contrario sus resultados no serán representativos. Por ello para que los sistemas de información ERP, MRP y APS puedan ser aprovechados a pleno rendimiento se requiere registrar la información en tiempo real [43].

Una de las tecnologías de captura de datos que facilitan esto es la detección por código de barras que mediante la instalación de lectores cerca de los puestos de realización de las operaciones hacen posible el control inmediato del estado de todos los procesos y la

15. Plan de medidas complementarias

localización de los materiales de manera automática e inequívoca en cualquier punto de la cadena de valor [43].

Estos sistemas pueden capturar una amplia variedad de información entre la que destaca el origen, historia o destino del producto. Asimismo pueden ser empleados para la identificación y control de documentos, objetos u personas que intervienen en los procesos, como se aprecia en la imagen inferior. Este elemento es especialmente relevante ya que facilita la identificación directa, por ejemplo, de las condiciones de ejecución de las operaciones, de la persona encargada o de las herramientas involucradas. Por consiguiente, se consigue la rápida detección de posibles no conformidades para su subsanación, es decir un notable mejoramiento de la trazabilidad[42].

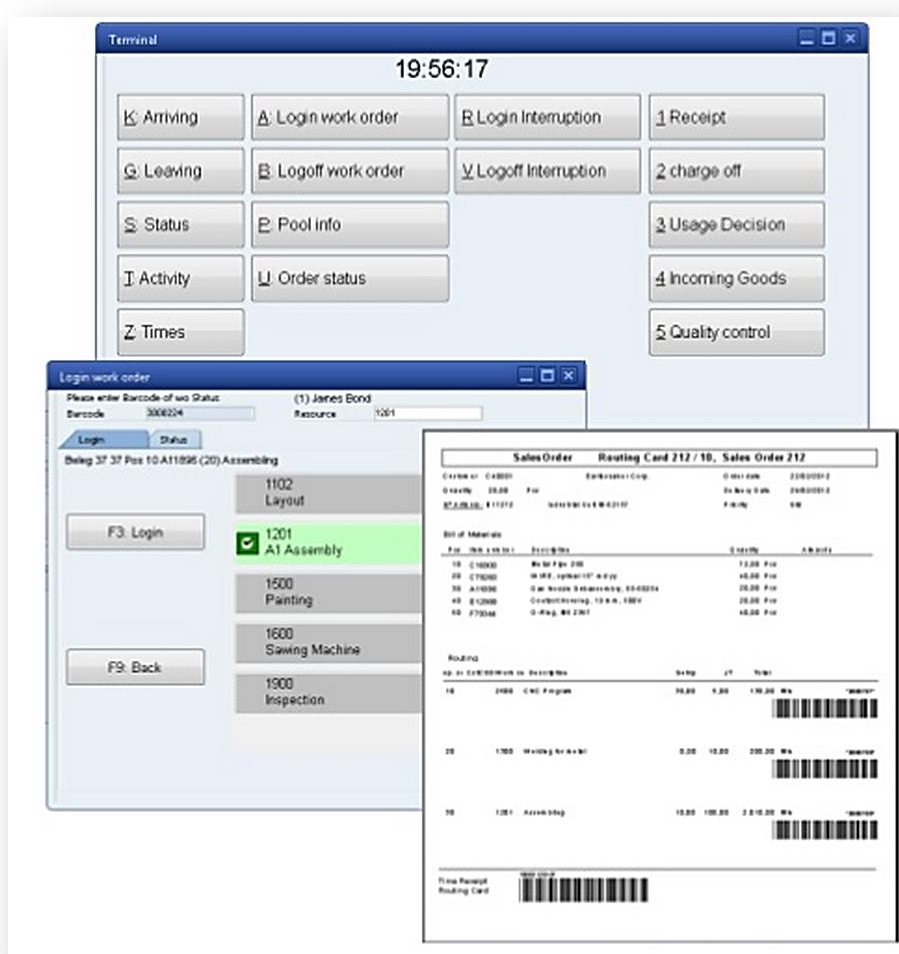


Ilustración 91: Visualización de la funcionalidad de captura de datos por código de barras de Be.as [44].

Además, estos sistemas hacen posible el trabajo en la fábrica sin necesidad de papeles o con una menor cantidad de ellos gracias a la funcionalidad POOL que proporciona Be.as [43]. Con ello se consigue: el acceso de los trabajadores a los documentos o planos

15. Plan de medidas complementarias

necesarios, al estado del material requerido y a las operaciones a desarrollar en cada zona, como expone la Ilustración 19.

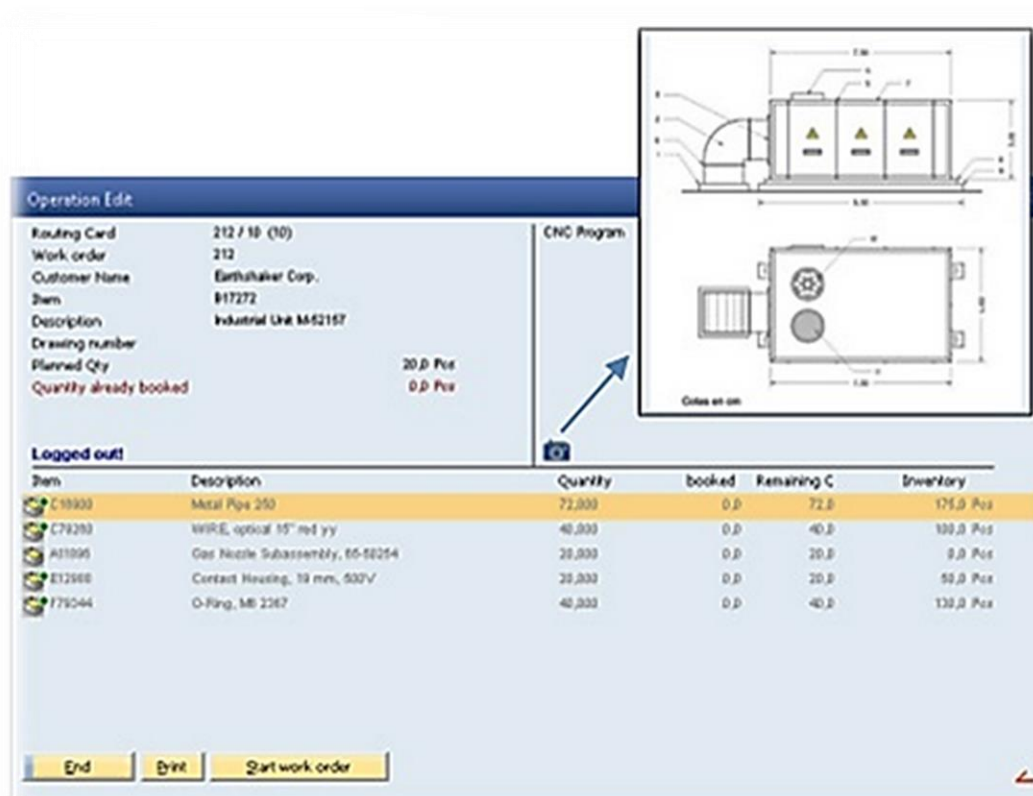


Ilustración 92: Visualización de la funcionalidad POOL de Be.as [44].

Entre los sistemas de captura de datos, la detección por código de barras es el más conocido y ampliamente utilizado. Esto es así debido principalmente a sus bajos costos, facilidad de implementación y variedad de aplicaciones que varían desde el proceso de aprovisionamiento, gestión de almacenes, los procesos de producción o distribución [42].

En resumen, la incorporación de esta tecnología es fundamental para aprovechar todos los beneficios de SAP y Be.as y mejorar el desempeño general de la empresa: simplificar operaciones, reducir costos, agilizar los flujos de información, favorecer la retroalimentación del sistema y ofrecer una mejor calidad a sus clientes.

15.3 Habilitación de acceso remoto para los clientes

La búsqueda de eficiencia y eficacia en las operaciones con el objetivo de alcanzar un alto nivel de competitividad en el mercado hace que la reducción de los ciclos productivos sea para las empresas suministradoras el principal desafío. En este afán por acortar los ciclos, diferentes soluciones online surgen con el propósito de agilizarlos

15. Plan de medidas complementarias

mediante la consolidación de la información, reducción de procesos no productivos y mejorando la comunicación entre los eslabones de la cadena de suministro[45].

Por un lado, muchos son las fases a lo largo del proceso productivo que requieren información sobre materiales, precios y disponibilidad. Para empezar, los encargados del abastecimiento de los elementos que forman la lista de materiales de un producto (Departamento de compras) revisan y comparan las plataformas WEB de los suministradores para identificar aquellos más rentables y que aseguran su disponibilidad durante la producción. Este proceso consume una ingente cantidad de tiempo y la compra y negociación es hecha de una forma arcaica vía teléfono, fax o email.

Todo ello frena el ciclo de producción puesto que además, se tiene que transcribir de nuevo la orden de compra en el sistema de la empresa. Si además se origina escasez de algún elemento, el intercambio de email, fax o llamadas se repite entre el departamento de compras y el cliente numerosas veces, alargando el tiempo aún más.

Por otro lado, se pueden generar retrasos en la producción debido a que las partes queden obsoletas o a largos lead time de los proveedores por el poco suministro de los materiales o componentes necesarios en el mercado. Los grandes constructores realizan avisos sobre estos aspectos, sin embargo, no siempre los suministradores reciben el mensaje a tiempo [45].

Claramente, se observa que el proceso desde el concepto hasta el producto final es mejorable. Múltiples son los retrasos que tienen lugar por dificultades para la transmisión de la información rápida y efectivamente entre los miembros de la cadena de suministro. Por ello incorporar algunas soluciones online sería un buen método para mejorar la comunicación global y por tanto la productividad [45].

En esta línea, algunos de estos sistemas se orientan a mejorar los tiempos no productivos y otros a la oferta de una atención al cliente de mayor calidad:

Los primeros varían desde plataformas que identifican los proveedores que suministran ciertos materiales y el precio, hasta sistemas que automatizan el envío a los distribuidores de los materiales necesarios y el reenvío al departamento de compras de las respuestas, haciendo más eficiente procesos muy laboriosos para pequeñas cantidades de materiales.

Los segundos se basan en acercar servicios al cliente como el ingreso de pedidos online, visualización de facturas, control del stock o seguimiento de envíos entre otras funcionalidades. De esta forma se ofrece un mayor valor desde el punto de vista del cliente, ya que puede representar un ahorro de tiempo importante para el cliente y una mayor fiabilidad y transparencia.

15. Plan de medidas complementarias

Estas últimas aplicaciones hacen posible alcanzar globalmente un mayor nivel de integración de la información del sistema ERP (SAP) gracias a beneficios como los que se describen a continuación [46]:

Sistema de Pedidos Online



- Facilitan a los clientes el ingreso directo de los pedidos eliminando los emails intermedios.
- Se caracterizan por un entorno rápido y dinámico.
- La carga de líneas de pedidos se puede realizar directamente desde Microsoft Excel.
- Ahorran la transcripción de los pedidos en SAP reduciendo la probabilidad de errores de transcripción y el tiempo dedicado a ello.

Control de Stock Online



- Permite a los clientes la visualización del Stock.
- Consultas personalizadas y a una fecha.
- Es fundamentalmente útil para conocer el estado de los pedidos.
- Para aquellos clientes que suministran la materia prima y componentes para la producción, es especialmente práctico ya que les permitiría comprobar el stock que OSVIMA tiene de sus materiales para llevar así un mejor control.

Facturas Online



- Facilita a los clientes las facturas en formato electrónico.
- Evita a los clientes archivar las facturas en formato papel y ahorre en costes.
- Garantiza la seguridad de la información gracias al requerimiento de Firma digital.
- Ahorra tiempo a los clientes en la recepción de las facturas.

15. Plan de medidas complementarias

En general, los sistemas E-commerce hacen accesible a los trabajadores, colaboradores y clientes información actualizada para su consulta desde cualquier lugar del mundo, posibilitando su interacción con sistemas rápidos, dinámicos y con todas las funcionalidades del sistema ERP. Esta mejora de la comunicación favorece la eliminación de costes innecesarios derivados de procesos no productivos, pero grandes consumidores de tiempo, y retrasos. En definitiva ofreciendo un valor añadido superior a los clientes por medio de una mayor integración entre los eslabones de la cadena de suministro[46].

15.4 Incorporación de la aplicación Intercompany

Aquellas organizaciones en crecimiento que están constituidas por más de una entidad legal, como es OSVIMA, enfrentan la necesidad cada vez con mayor urgencia de mejorar la gestión de sus transacciones. El crecimiento y el aumento del volumen de ventas derivado implican la multiplicación del tiempo necesario (no productivo) y la dificultad para llevar su gestión y control. Así la solución integradora Intercompany para SAP Business One mediante la consolidación de la información en toda la organización puede ser la respuesta a estas dificultades, generando los siguientes beneficios [47]:

- Establecer procesos empresariales estandarizados y transparentes entre empresas.
- Compartir la información común entre todas ellas.
- Mejorar la visibilidad sobre operaciones entre empresas.
- Mejorar el control y la colaboración más allá de los límites de cada compañía.

En primer lugar, como ya se ha detallado en la sección dedicada a la organización de estudio esta se compone de 3 empresas: OSSMA (comercialización de piezas y montajes), OSVIMA (Mecanizado y comercialización de piezas y montajes) y MONTEC (Montaje). En este escenario, los pedidos de cliente pueden llegar a través de OSSMA (Opción A) o bien de OSVIMA (Opción B).

Cuando tiene lugar el primer caso, OSSMA debe realizar un pedido de subcontratación a OSVIMA u MONTEC para que lleve la producción, puesto que los recursos productivos son propiedad de OSVIMA y MONTEC. A su vez OSVIMA realiza el mecanizado y si se requiere un montaje genera un pedido de subcontratación para MONTEC. En caso de no ser necesario, entrega el producto terminado al cliente y genera los albaranes de entrega y factura internos para OSSMA, puesto que es la empresa que ha subcontratado sus servicios. Si requiere montaje entonces es MONTEC quién lleva a cabo la entrega y por tanto genera el albarán de entrega justificativo y factura interna a OSVIMA. A continuación, OSSMA crea del mismo modo el albarán de entrega al cliente y la factura. Para los productos que solo requieren montaje, se produce el mismo proceso con MONTEC, como se detalla en la Ilustración 20.

15. Plan de medidas complementarias

Cuando es la Opción B la que inicia el proceso y el pedido llega por OSVIMA es esta empresa la responsable final de generar los albaranes de entrega y facturas a cliente una vez es entregado el producto. Hasta llegar a ese punto puede subcontratar a MONTEC si es necesario el ensamblado y si no realizar por si misma el mecanizado y enviarlo a cliente. La contratación de MONTEC supone de nuevo la creación de un albarán de entrega y factura internos para OSVIMA, por ser la que solicita los servicios de montaje.

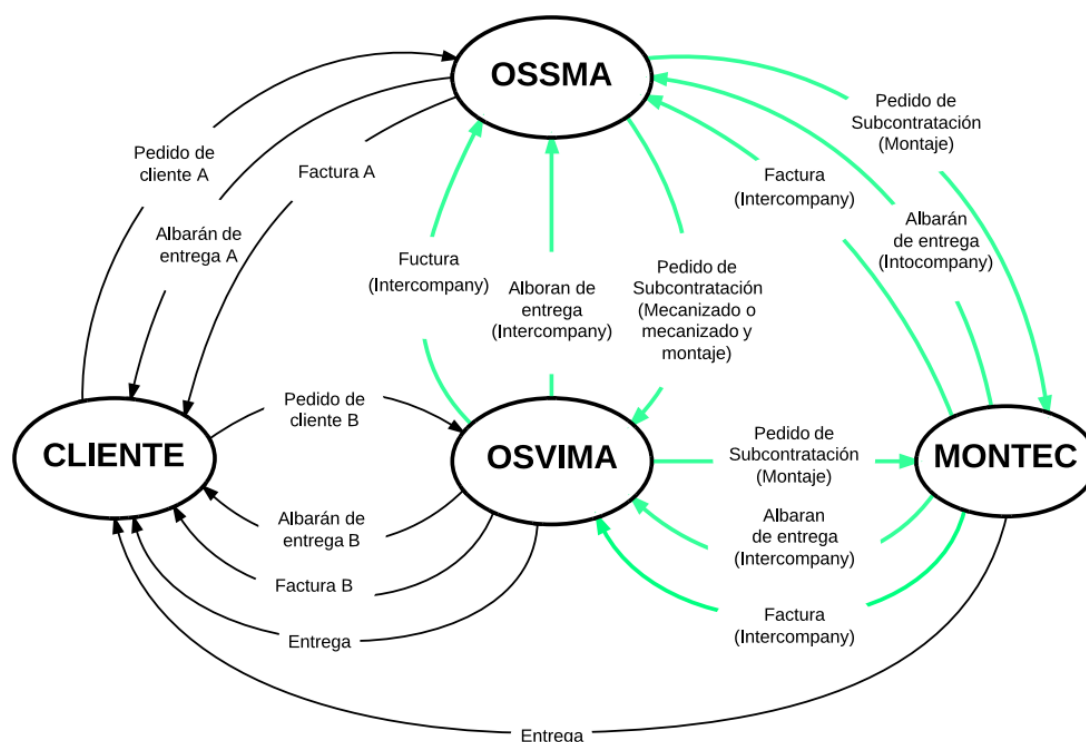


Ilustración 93: Mapa de transacciones de la organización de estudio (Fuente: Elaboración propia).

En función de estos escenarios se pueden llegar a triplicar las transacciones, la documentación entre compañías y el tiempo derivado de su gestión (no productivo), como se indica con las flechas verdes. De modo que, la incorporación de la solución Intercompany permitiría la generación automática de los documentos (Líneas verdes) resultado de estas transacciones. Así, por ejemplo, el pedido de cliente A generado en OSSMA podría automáticamente generar un pedido de subcontratación en OSVIMA si se trata de un mecanizado con montaje y a su vez otro en MONTEC junto con los albaranes y facturas internas. Si a ello se añade el reparto de ingresos y gastos, las facturas de proveedores y la centralización de pagos los beneficios englobarían [48]:

- Eliminación de ingresos de datos redundantes.
- Ahorro de tiempo que no genera valor.
- Mejora la calidad de la información.
- Aumenta la eficiencia de toda la organización.

15. Plan de medidas complementarias

En segundo lugar, para que este grado de automatización sea posible es requisito previo que la información relativa a los productos comunes sea compartida por todas las empresas. Para ello, el sistema replica datos maestros como artículos completos, clientes, proveedores, listas de materiales, hojas de ruta o listas de precios favoreciendo así mismo una gestión centralizada de la información[49].

En Tercer lugar, funcionalidades como la generación de informes de toda la organización, por ejemplo como resúmenes de inventario por empresas, mejora la visión global. Esta mejora de la transparencia es también un aspecto muy útil para apoyar la toma de decisiones[47].

En cuarto lugar, otras herramientas como las alertas de transacciones internas o la sincronización con internet de los factores de conversión entre monedas están orientadas a lograr una mejora del control y la colaboración [48].

Como se resume en la imagen inferior, las organizaciones que forman un grupo de empresas experimentan una serie de necesidades que cada vez frenan más sus procesos productivos. Con el interés de dar respuesta a estas necesidades, la incorporación de la solución Intercompany de SAP permitiría a OSVIMA disponer de la información compartida en toda las empresas con la seguridad de conocer que se trata de información de calidad, lograr un mejor control de la organización mediante la mejora de la transparencia, incremento en la eficiencia operativa y la productividad, aumentando así su rentabilidad.



Ilustración 94: Cuadro resumen de los beneficios aportados por la solución Intercompany para SAP Business One [47].

16. Conclusiones

En vista del crecimiento estimado, la industria aeronáutica se espera que presente un proceso de revolución en los próximos años. En esta nueva etapa surgirán tendencias como la incorporación de nuevos competidores a nivel global. Sin embargo, competir en costes con la industria de los países emergentes es inviable, por lo que ofrecer un producto mejor es el único camino para competir.

En este contexto, OSVIMA ha comenzado un proceso de transformación orientado a dichos objetivos. En este proceso, la implantación del sistema MRP se sitúa en el centro de sus iniciativas dado que representaría un incremento sustancial de la productividad industrial que se vería reflejado de inmediato en la oferta de mayor valor añadido a los clientes.

El software elegido por la empresa para desarrollar esta nueva herramienta de soporte al proceso de planificación es SAP, específicamente el módulo de Be.as Manufacturing. La elección de este software para el desarrollo de la herramienta, se basa en su instalación desde hace 2 años. De este modo se puede aprovechar el recurso que supone tenerlo instalado, potenciando así sus funcionalidades.

Dentro del proceso de implantación del sistema MRP, debido al alto grado de complejidad de estos proyectos y a la importancia de la preparación para lograr el éxito posterior en su implantación, se focalizó la atención de este Proyecto Fin de Grado en la pre-implantación.

En esta línea, muchos de los fracasos en la implantación de estos sistemas en las organizaciones se debe a que la empresa no ha interiorizado en su normal funcionamiento dicha filosofía de trabajo o a que el software no se adecua a los procesos de la empresa y por tanto no se saca el partido esperado de un sistema tan eficaz y sencillo como es el MRP. Para poder asegurar el éxito, el análisis y las fases previas a la implantación son fundamentales. De este modo, durante dichas fases se ha buscado adaptar el modo de trabajo e organización de la empresa a la filosofía MRP y el software a los procesos de esta, para lograr una adaptación mutua.

Análisis de la empresa

Partiendo de los problemas detectados por la gerencia en términos de retrasos en las fechas de entrega, piezas defectuosas y dificultades para gestionar la materia prima, se comenzó así el estudio y análisis exhaustivo de los procesos, organización y problemas de la empresa para poder determinar el grado de integración de dicha filosofía y para tomar las medidas necesarias previas a la implantación del software. A lo largo de este análisis se detectaron los problemas mostrados en el árbol de decisión siguiente:

16. Conclusiones

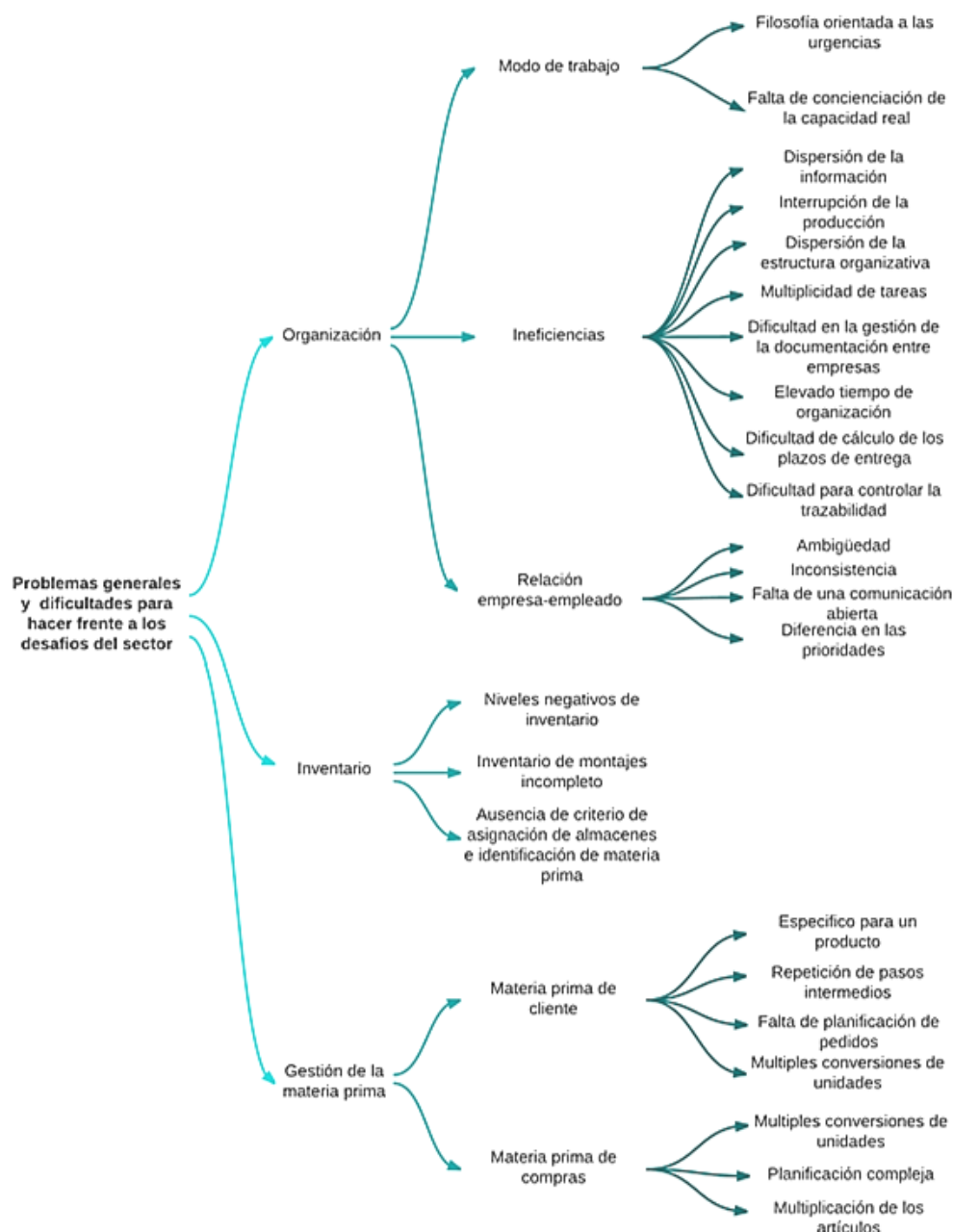


Ilustración 95: Árbol de problemas para la identificación de las fuentes principales de problemas de la organización de estudio (Fuente: Elaboración Propia).

Esta fase fue muy compleja en términos de dimensiones, ya que implicó el análisis de toda la organización e incluso los requerimientos del sector y de los proveedores de materiales. Además la identificación de los problemas no fue fácil porque en muchos casos estaban enmascarados por factores como la tradición. Sin embargo, el hecho de considerar todos los procesos y actividades sin dar nada por supuesto y cuestionando cada uno de ellos, ha permitido definirlos, haciendo posible sentar unos buenos cimientos en los que el resto de la estructura del proceso de implantación puedan ser apoyada, asegurando así el éxito en su posterior implantación.

16. Conclusiones

Propuesta de soluciones

A partir de los problemas observados durante el análisis fue posible la definición de propuestas para adaptar primero la empresa a la filosofía MRP. Entre ellas destaca:

- **Modo de trabajo** orientado a la mejora continua.
- **Reducción de ineficiencias** mediante la creación de departamentos que agrupen tareas comunes, y aumento de personal en los departamentos que presenten mayor sobrecarga, apostando por la especialización.
- Mejora de la **relación empresa-empleado** a través de medidas como encuestas de satisfacción y reunión de la dirección para definir objetivos y responsabilidades.
- Para mejorar la **situación de los inventarios** se propuso el recuento completo de los inventarios y la prohibición de niveles negativos, con la consiguiente concienciación del personal de la importancia de no saltarse etapas del proceso productivo.
- **Gestión de la materia prima** de compras y cliente en metros cuadrados o lineales en los inventarios y kg o la unidad para pedidos, entregas y recepciones. Asimismo se propuso llevar la gestión de la materia prima mediante la unificación bajo un mismo artículo con las mismas propiedades, reduciendo ineficiencias y mejorando el control.

Diseño y desarrollo de soluciones

Partiendo también del análisis de soluciones y de las propuestas, llegó el turno de adaptar el software a la empresa. Para ello, se hizo un estudio en detalle del software y de su modo de funcionamiento y se comenzó a diseñar y desarrollar soluciones personalizadas para los procesos de la empresa en estudio que no contemplaba en su versión estándar el software. Las soluciones desarrolladas se agrupan en:

- **Planificación integral de la producción:** empleo de artículos de servicios para automatizar su planificación, calendarios, rendimientos, turnos, uso de tiempos de tránsito, recursos principales y alternativos o utillajes, entre otros ejemplos.
- **Gestión de la materia prima de compra:** se define el uso de factores de conversión.
- **Gestión combinada de la materia prima:** se diseña una división interna de la materia prima por formato (matchcode) y se añade este como criterio para afinar la búsqueda del sistema MRP.
- **Gestión de la materia prima de cliente:** para resolver la falta de planificación de la materia de cliente se generan pedidos con coste 0 € con la función de requerimiento de materiales para los clientes. Esto permitiría indicarles las fechas

16. Conclusiones

en las que se requieren los materiales para finalizar la producción en el tiempo acordado.

Ensayo de las soluciones desarrolladas

Siguiendo estas pautas y conociendo la complejidad de las soluciones diseñadas, se definen 3 simulaciones para poder así ensayar las soluciones por partes y analizar el correcto funcionamiento y adecuación a las necesidades de la empresa en estudio, ejecutándolas en el orden:

- Primera simulación: Gestión de la materia prima de compras y planificación integral de las necesidades y la producción.
- Segunda simulación: Gestión combinada de la materia prima.
- Tercera simulación: Gestión de la materia prima de cliente y planificación integral de las necesidades y la producción con un caso real. El objetivo es asegurar la validez y adecuación del procedimiento de actuación desarrollado.

Desarrollo de un modo de actuación para la implantación y presentación ante los departamentos

Con el objetivo de dar solución a las nuevas particularidades de la empresa, desde la primera simulación se fue desarrollando un método basado en la investigación, observación y, ensayo y error para ir descubriendo el procedimiento óptimo que hace que el software lleve a cabo el cálculo de las necesidades y la planificación, y arroje sugerencias de forma correcta. De este modo, a lo largo de las simulaciones se fue perfilando y puliendo dicho método, diseñando así un modo de actuación para la posterior implantación del módulo Be.as integrado en SAP.

Así las etapas principales de dicho proceso, como detalla la Ilustración se pueden sintetizar en: la parametrización, ingreso de pedidos de cliente, el cálculo de la planificación y la toma de decisiones sobre la creación de documentos (pedidos u órdenes de producción) a partir de las propuestas automáticas generadas.

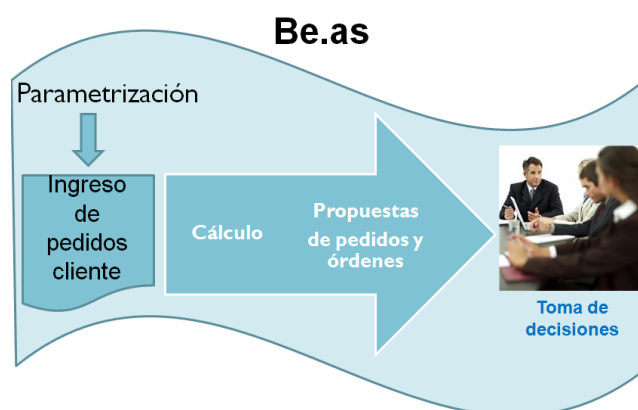


Ilustración 96: Procedimiento actuación diseñado para la implementación del módulo Be.as.

16. Conclusiones

Fases iniciales

Aunque inicialmente este Proyecto Fin de Grado se centraba en la pre-implantación, el logro de todos los objetivos hizo que la empresa ofreciera ampliar la beca de colaboración a 8 meses, por lo que se tuvo la oportunidad de participar también en las fases iniciales para la preparación de la primer lanzamiento del software, las cuales consistieron en:

- Elaboración de documentación y equipos de trabajo
- Centralización de la información general de la empresa, detallando:
 - Materias primas
 - Unidades de medida
 - Calendarios y turnos de recursos
 - Lista de recursos
 - Lista de utillajes
- Parametrización de la información de un grupo de entorno a 600 productos. Para ello, se hizo primero un acopio de toda la información y después se migró al sistema y depuró. Los aspectos recopilados fueron:
 - Listas de materiales completas.
 - Características de cada uno de los artículos que conforman las listas (entorno a 1000 productos).

Logro de objetivos

El método actual de organización de la empresa está basado principalmente en la producción por urgencia y la improvisación en función del material y recursos productivos disponibles. Una vez se determina un plazo de entrega al cliente calculado mediante la experiencia de la dirección técnica, como norma general se espera a que el material sea entregado por el cliente sin saber con exactitud cuándo va a ser recibido y en los casos de material comprado por la empresa, se hacen las conversiones oportunas y se generan los pedidos de materiales a los proveedores.

Si urge mucho, a medida que se reciben los materiales en cualquiera de esos casos se generan de forma manual e independiente las órdenes de fabricación y se van ejecutando las operaciones de producción en función de que el recurso o máquina necesaria para la fabricación este libre.

En los productos que incluyen además tratamientos superficiales de la pieza, una vez que acaba los procesos de fabricación se realiza la subcontratación a los proveedores de dicho servicio, y se espera a que la pieza sea devuelta para realizar las operaciones de montaje.

16. Conclusiones

Mediante este método se requiere una gran cantidad de tiempo para definir la prioridad de las actividades y asignación de máquinas u operarios, así como una intensa sobrecarga de trabajo muy manual, repetitivo y laborioso para generar los documentos, ocupando casi al completo a los responsables de departamento en tareas muy rutinarias. De modo que no se tiene un control eficaz de las operaciones ni del tiempo dedicado a cada una de ella, de forma que la planificación es a corto plazo (máximo un mes) y no se conoce si se podrá cumplir con el plazo de entrega ni el coste real del producto final.

El método de organización de la producción MRP propuesto en este Proyecto con las personalizaciones diseñadas para la empresa en estudio, conlleva numerosas ventajas:

- ✓ Facilita la planificación de forma integral de todo el proceso productivo, permitiendo secuenciar y coordinar las operaciones y la carga entre todos los recursos de la empresa y las necesidades de materiales y servicios externos, mejorando globalmente el desempeño e incrementando noblemente la productividad.

Además, el sistema MRP una vez que se le haya parametrizado detalladamente las características de cada artículo así como las hojas de ruta y listas de materiales de cada producto, calculará todas las operaciones necesarias para fabricar el producto final y entregarlo en la fecha acordada con el cliente, reduciendo los retrasos en la entrega (uno de los mayores problemas de la empresa). Esto es especialmente importante para los operarios en su trabajo diario, ya que les permitirá revisar la programación de la capacidad de cada recurso y saber que operaciones deben ser realizadas en cada momento.

- ✓ Supone un cambio en el modo de trabajo que se refleja de inmediato en el ahorro de tiempo de gestión y en la reducción de errores, permitiendo que los responsables de departamento dediquen su tiempo a actividades realmente importantes en lugar de rutinarias. Se da por tanto más importancia a la toma de decisiones sobre las sugerencias del sistema mientras el sistema automatiza los procesos mecánicos y laboriosos.
- ✓ Permite la centralización de la información en una base de datos común y accesible a las personas que necesiten consultarla en la empresa, evitando interrupciones. Asimismo se eliminan los niveles negativos y se lleva un control de todos los movimientos de artículos, disponiendo de información actualizada y veraz.
- ✓ Posibilita estimar el tiempo de entrega mediante la planificación devuelta por el sistema. Además los cálculos son fiables y tienen un margen de error aceptable al poder simular los escenarios.
- ✓ Favorece una trazabilidad inmediata y transparente al tener un mismo número de orden todos los componentes y el producto final, haciendo posible la identificación instantánea los productos en los que se han usado ciertos materiales o la reconstrucción de todos los proceso que ha experimentado un artículo.

16. Conclusiones

- ✓ En cuanto a la gestión de la materia prima hace posible la automatización de las conversiones y considera parámetros tan importantes como tiempos de entrega, pedidos mínimos o múltiples. Representa así una importante contribución para ofrecer mayor integración en los procesos a sus clientes.
- ✓ Asimismo la diferenciación de formatos diseñada permite gestionar el sistema tradicional de suministro de la materia prima por parte de los clientes y el nuevo, llevando un control completo de toda la materia prima al unificar las materias primas bajo un mismo artículo.
- ✓ Además permite llevar a cabo una planificación de los materiales suministrados por clientes y evitar depender de las fechas de entrega al notificarles con antelación cuando se requiere que la materia prima esté disponible para cumplir con los plazos.

Como se puede apreciar la consecución con éxito de los objetivos de este proyecto se refleja en todas estas ventajas. De este modo, este proyecto supondría a modo de resumen el paso de un método muy focalizado en las etapas mecánicas y laboriosas a uno que automatiza todos esos procesos en aras de conceder más atención a lo que es verdaderamente importante, la toma de decisiones a partir de los resultados obtenidos y la oferta de mayor valor añadido a los clientes.

A lo largo de las simulaciones se ha podido observar que de los aspectos evaluados, referentes tanto a la productividad, eficacia, organización, gestión de la calidad, integración como aporte de valor, la mayoría de los objetivos han sido logrados muy positivamente, sin embargo hay algunos de ellos que deben ser complementados con otros sistemas de apoyo para mejorar el grado de aprovechamiento de los beneficios del programa. Por ello, se plantean para su puesta en marcha de cara al futuro en paralelo a la implantación:

- **Activación del sistema APS:** Como se ha observado el sistema MRP hace una planificación de los materiales y del proceso productivo considerando una capacidad infinita de los recursos que no es suficiente para alcanzar la mejor solución. En estos entornos los sistemas APS (Sistema de Planeación y Programación Avanzada) son especialmente útiles puesto que son capaces de realizar una planificación detallada en tiempo real y simultánea del stock y la producción, basada en los materiales disponibles, carga de trabajo y capacidad en planta, considerando esta última como finita, por lo que cambia automáticamente los recursos no disponibles o saturados.
- **Instalación de sistemas de captura de datos en planta,** como la detección por código de barras que mediante la instalación de lectores cerca de los puestos de realización de las operaciones hacen posible el control inmediato del estado de todos los procesos y la localización de los materiales de manera automática e inequívoca en cualquier punto de la cadena de valor, contribuyendo así a mejorar la trazabilidad y a retroalimentar el sistema.

16. Conclusiones

- **Habilitación de acceso remoto para los clientes.** En general, los sistemas E-commerce como los pedidos online, control de stock online o facturas online hacen accesible a los clientes información actualizada para su consulta desde cualquier lugar del mundo, posibilitando su interacción con sistemas rápidos, dinámicos y con todas las funcionalidades del sistema ERP. Esta mejora de la comunicación favorece la eliminación de costes innecesarios derivados de procesos no productivos, pero grandes consumidores de tiempo, y retrasos. En definitiva, ofreciendo un valor añadido superior a los clientes por medio de una mayor integración entre los eslabones de la cadena de suministro.
- **Incorporación de la aplicación Intercompany:** para enfrentar la necesidad cada vez con mayor urgencia de mejorar la gestión de sus transacciones. El crecimiento y el aumento del volumen de ventas implican la multiplicación del tiempo necesario (no productivo) y la dificultad para llevar su gestión y control. Así la solución integradora Intercompany para SAP Business One mediante la consolidación de la información en toda la organización puede ser la respuesta a estas dificultades, estableciendo procesos empresariales estandarizados y transparentes entre empresas.

En pocas palabras, el sistema MRP propuesto en este proyecto puede ser una gran ayuda para lograr una eficaz organización de la producción, un mejor aprovechamiento de los recursos y por tanto, la eliminación de los sobrecostos y deficiencias de la organización. En definitiva, logrando la excelencia en la productividad y ofreciendo mayor valor añadido a sus clientes en términos de integración y calidad.

Además, teniendo en cuenta que ser capaz de mantener una cadena de suministro integrada con un alto nivel de excelencia y competitividad, y de liderar la oferta de valor añadido, será la única forma de marcar la diferencia en un escenario de mayor competencia y ser atractivo para los grandes constructores, por lo que con este proyecto se ha dado un gran paso para conseguirlo.

Bibliografía

- [1] Deloitte, "2014 Global Aerospace and Defense Industry Outlook " 2014.
- [2] J. M. G.-A. Iriarte, P. S. Marcos, P. L. Fernández, and L. G. García, "Los retos de la industria aeronáutica auxiliar," 2012.
- [3] Airbus. (2013). *Global Market Forecast (2013-2032)*. Available: www.airbus.com/company/market/forecast/?elD=dam_frontend_push&docID=33755
- [4] I. International Air Transport Association, "Airline Fuel and Labour Cost Share," ed, 2010.
- [5] Boeing, "Current Market Outlook (2013-2032)," 2013.
- [6] R. Red de Espacios Tecnológicos de Andalucía. (2012, 01/09/2014). *Tractoras, Tier 1 y empresas auxiliares abogan por una estrategia a nivel nacional entre todos los agentes del sector aeroespacial español*. Available: www.reta.es/index.php/comunicacion/noticiasidi/10533-tractoras-tier-1-y-empresas-auxiliares-abogan-por-una-estrategia-coordinada-a-nivel-nacional-entre-todos-los-agentes-del-sector-aeroespacial-espanol-
- [7] C. Compañía Española de Sistemas Aeronáuticos, "Presente y futuro de la Cadena de Suministro de CESA para soportar el plan de crecimiento previsto," ed, 2014.
- [8] C. M. O. Bejoy George, QuEST Global. (2013, Aerospace Supply Chain: Opportunities for India Suppliers. (01/09/2014). Available: www.nasscom.in/Aerospace-Supply-Chain-Opportunities-for-India-Suppliers-55118
- [9] F. Hélice. (2014, 01/09/2014). *HeliceNet: Red de Coordinación entre Empresas del Cluster*. Available: <http://www.helicecluster.com/es/content/centro-de-servicios.htm>
- [10] R. B. Chase and F. R. Jacobs, *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros.*: Mc Graw Hill Educacion, 2014.
- [11] C. STRATEGY. (2014, 01/09/2014). *AS9100 Consulting & Training*. Available: www.cvgstrategy.com/business-operations/quality/as9100-consulting-training/
- [12] P. a. M. I. T. Charles H. Fine, *Clockspeed. Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage*: Perseus Books, 1998.
- [13] A. Press. (2007, Boeing unveils 787 Dreamliner; Airbus sends congrats. Available: www.usatoday30.usatoday.com/travel/flights/2007-07-09-boeing-787-debuts_N.htm?csp=34
- [14] M. Grijalvo and B. Prida, "La calidad en el sector aeroespacial. Normativa y esquema de certificación," 2005.
- [15] J. S. Hernández. (2005, El reto de trazar 10.000 piezas. Available: www.mecalux.es/external/magazine/41120.pdf
- [16] A. A. E. d. N. y. Certificación), "Certificación de los sistemas de gestión de la calidad en el Sector Aeroespacial," ed, 2010.
- [17] S. GLOBAL. (2014, 01/09/2014). *Servicios de Auditoría, Formación y Certificación Aeroespacial*. Available: www.saiglobal.com/assurance/aerospace/?language=spanish
- [18] O. S.A., "Company Profile."
- [19] O. S.A. (2013, 05/08/2014). *OSVIMA PRESENTATION 2013*. Available: www.osvima.com/
- [20] (02/04/2014). *OSVIMA, S.A.* Available: 149.13.22.110:8338/Osvima?set_language=es
- [21] K. Apro, *Secrets of 5-Axis Machining*, 2008.
- [22] R. Muñoz, "Máquinas medidoras por coordenadas," ed, 2011.
- [23] (02/04/2014). *Osvima Aeronáutica*. Available: www.osvima.com
- [24] OSVIMA, "Seguimiento de la producción ", ed, 2014.

- [25] F. David, H. Pierreval, and C. Caux, "Advanced planning and scheduling systems in aluminium conversion industry," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 19, 2006.
- [26] A. Kimms, *Beyond Manufacturing Resource Planning (MRP II)* vol. VIII, 1998.
- [27] U. o. Cambridge. (20/07/2014). *Manufacturing Resource Planning (MRP II)*. Available: www.ifm.eng.cam.ac.uk/research/dstools/mrp-ii/
- [28] J.-B. Waldner, *CIM: Principles of Computer Integrated Manufacturing*, 1992.
- [29] HP, "Airbus reduce SAP costs by 30 percent with HP Data Centre consolidation project," 2009.
- [30] M. Sens, *Upgrading SAP®*: Jones & Bartlett Learning, 2010.
- [31] G. W. Anderson, *SAP Planning: Best Practices in Implementation*: Sams, 2003.
- [32] S. Robson, *Agile SAP: Introducing flexibility, transparency and speed to SAP implementations.*: IT Governance Ltd, 2013.
- [33] "SAP Upgrades Business One App," *InfoWorld*, vol. 26, p. 19, 2004.
- [34] *SAP Business One: Implementación y soporte*, 2010.
- [35] V. Group. (2009). *SAP BUSINESS ONE SOFTWARE*. Available: www.veitsgroup.com/solutions/sapsolutions/sapbusinessone.aspx
- [36] A. TMS. (2014). *SAP Business One y Be.as*. Available: www.a-tms.com/be-as-erp/sap-business-one-be-as
- [37] NETiKA. (2012, 03/04/2014). *New technologies, new possibilities*. Available: www.netika.vn/EN/Partneships.aspx
- [38] J. Heizer and B. Render, *Dirección de la Producción. Decisiones Estratégicas.*, 2001.
- [39] B. a. Group. (2011, 10/08/2014). *Advanced planning and scheduling (APS)*. Available: www.beasgroup.com/de/loesungen/fertigung/advanced-planning-and-scheduling/
- [40] CIMATIC, "APS - Advanced Planning and Scheduling - Sistemas de Planeación y Programación Avanzada ", ed, 2013.
- [41] M. B. A. d. I. d. Sistemas), "Introducción a los sistemas avanzados de planeación (APS)," ed, 2001.
- [42] A. C. Espinal, C. E. Álvarez, and R. A. G. Montoya, "Sistemas de identificación por radiofrecuencia, código de barras y su relación con la gestión de la Cadena de Suministro," *ProQuest*, 2010.
- [43] B. a. Group. (2011). *Time Recording & Production Data Collection*. Available: www.beasgroup.com/en/solutions/manufacturing/time-recording-production-data-collection/
- [44] B. a. Group, "Be.as Industry Solutions SAP Qualified Solutions for SAP Business One," 2012.
- [45] M. Beckett, "E-commerce speeds production cycle," *Electronic Engineering Times*, 2000.
- [46] A. C. Integral. (15/07/2014). *Integración Web con ERP*. Available: www.ayanet.es/integracion_web_erp.aspx
- [47] S. B. One, "Intercompany Integration Solution 2.0 for SAP Business One," ed, 2013.
- [48] CITIXSIS, "InterCompany Solution. Financial Transactions & Consolidation," 2007.
- [49] SistecTs. (2011, 20/08/2014). *SAP Business One capacidades de integración*. Available: www.integracionsap.sistects.es/SAP-INTEGRACION-EMPRESAS.html

Apéndice A – Mapa de procesos

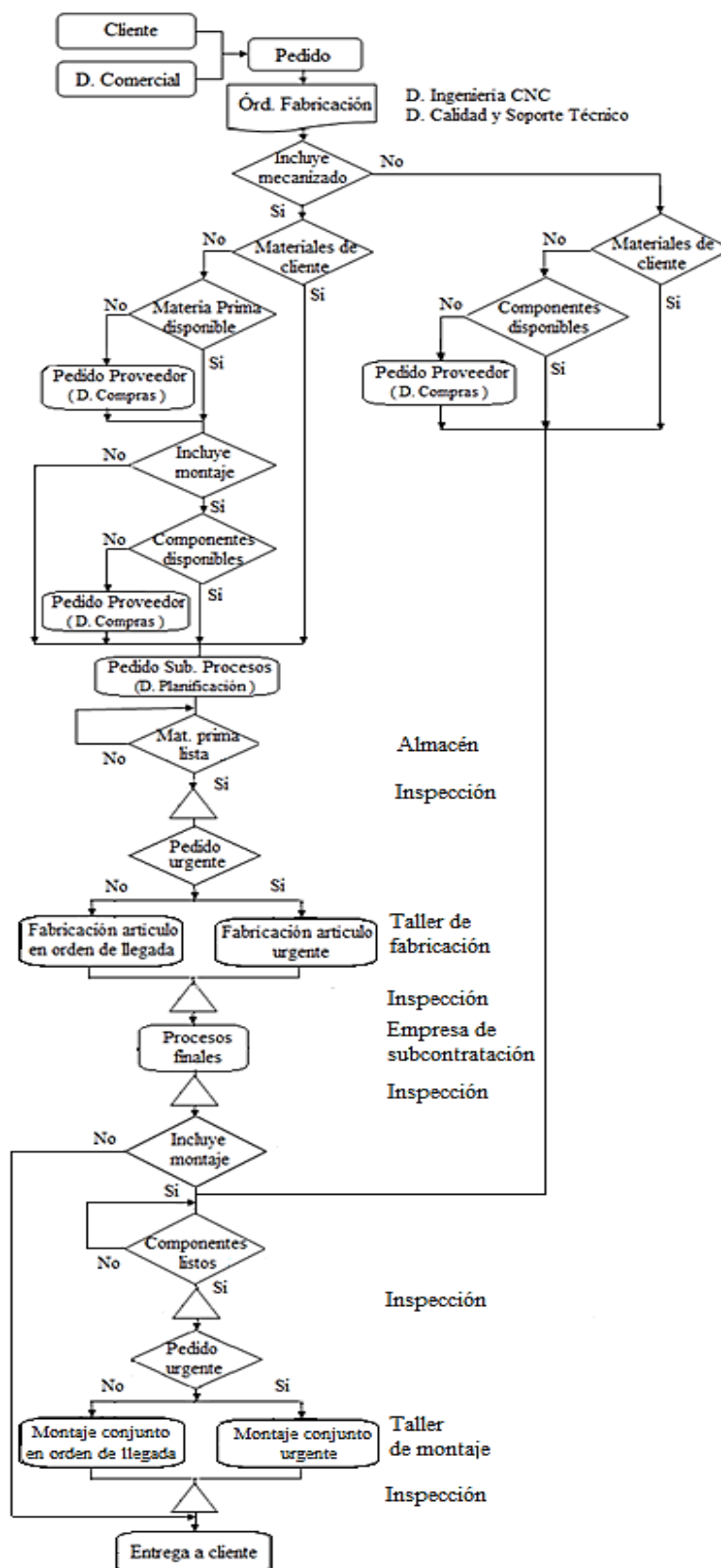


Ilustración 97: Mapa de procesos de la organización de estudio (Fuente: Elaboración Propia).



Apéndice B – Primera simulación

Planos y listas de partes

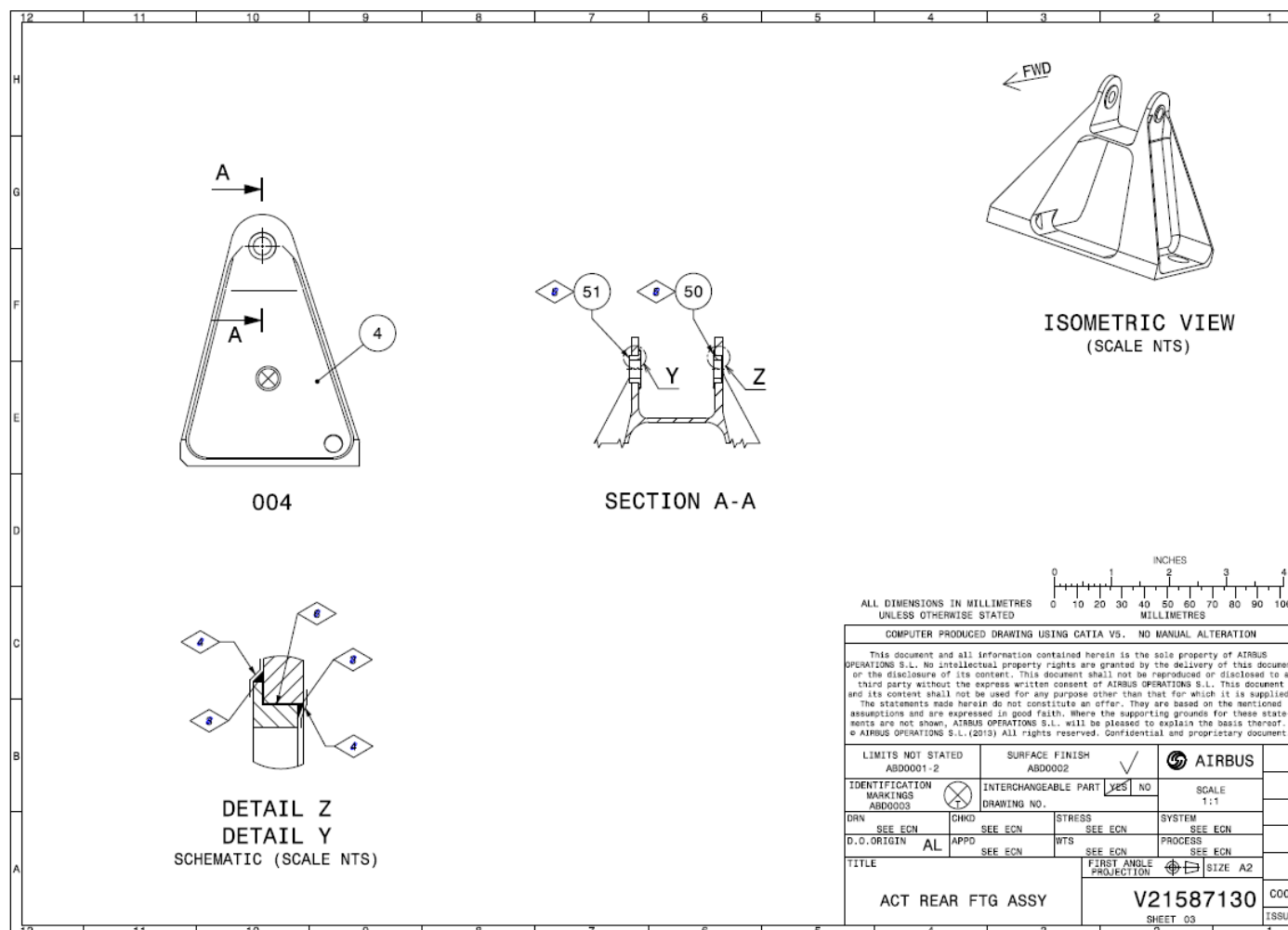


Ilustración 98: Plano del producto de montaje V2158713000400.





PRINTED BY : Administrator

30/09/2013 09:48:30

AIRBUS		Bill Of Material Schedule					A/C PROGRAMME A350	
LOC 15	DRAWING SET NUMBER V21587130	ISS C00	STATE RELEASED	DRAWING SET TITLE ACT REAR FTG ASSY	DESIGN OFFICE CODE : AL	PROT TREAT CHART TN A 007 10003	PROJECT TEAM VE-WP12700 -BELLY_FAIRING	

GENERAL INFORMATION															
LO/ALT		QTY 004	QTY 002	UNIT	ZONE	ITEM	PART NUMBER	ISS	DESCRIPTION SPECIFICATION	OH	S P	PROTECT TREAT	I D	I C Y	REMARKS D.TYPE
			X				002	B00	ACT REAR FTG ASSY			FA005+ FA010	N/A	N A	
		X			03D10		004	C00	ACT REAR FTG ASSY			FA005+ FA008+ FA010	N/A	N A	
			1.0	Each	02F09	2	V21587109202		ACT REAR FITTING						
		1.0		Each	03F09	4	V21587109204		ACT REAR FITTING						
		1.0	1.0	Each	02F06	50	NSA5122Z5-030		BUSH						
		1.0		Each	03F07	51	NSA5122Z5-045		BUSH						
DRAWING SET REMARKS															
001	GN: PART NOMINAL GEOMETRY OF 3D MODEL CAD FILE V21587130 AS MASTER														
002	GN: THEORETICAL DATA PER DRAWING/MODEL: V21585811														
003	FN: SEALING OF AIRCRAFT STRUCTURES FAYING SURFACES PER TN A007-10003 CODE FA010														
004	FN: PROTECT SEALANT FILLETS AND SEALED FASTENERS PER TN A007-10003 CODE FA005														
005	FN: INSTALLATION OF BUSHES, SHRINK AND PRESS FIT, ACCORDING TO AIPS01-02-019 METHOD B														
006	FN: APPLY WET INSTALLATION FOR STRUCTURAL SURFACES PROTECTION ACCORDING TO TN A007-10003 CODE FA008														

— Artículo de nivel superior

— Artículo de nivel inferior

Ilustración 100: Lista de partes del montaje V2158713000400.



PRINTED BY : Administrator

23/09/2013 09:51:31

AIRBUS		Bill Of Material Schedule					A/C PROGRAMME A350	
LOC 15	DRAWING SET NUMBER V21587109	ISS C00	STATE RELEASED	DRAWING SET TITLE ACT-REAR-FITTING	DESIGN OFFICE CODE : AL	PROT TREAT CHART TN A 007 10003	PROJECT TEAM VE-WP12700 -BELLY_FAIRING	

ISSUE HISTORY														
PN	ISSUE HISTORY	DESCRIPTION SPECIFICATION	C A N	I D	I C Y	ZONE	PROTECT TREAT	MARK	REMARKS	ALT	MATERIAL PN	DELIVERY STATE FINAL CONDITION	LENGTH	THICK
		ASSOCIATED DOCS	SP	FC	E X T	WEIGHT (kg)	MFG CODE	BLK	TECH CDE	ITEM NB		USE STATE	PMC	WIDTH DIAM
200	A00 B00	ACT-REAR-FITTING	X	N/A	N A	-	AA023	T			ABS5064A090 AL ALLOY PLATES	See ESDB ABS5064A090	135	90
					X	0.0001						See ES DB	ABS5064A090	120
202	B00	ACT REAR FITTING		N/A	N A	-	AA023	T			ABS5064A090 AL ALLOY PLATES	See ESDB		140 90
						0.168						See ES DB	ABS5064A090	125
204	C00	ACT REAR FITTING		N/A	N A	-	AA023	T			ABS5064A090 AL ALLOY PLATES	See ESDB		140 90
				3		0.176			STM			See ES DB	ABS5064A090	125
REMARKS FOR DRAWN ON ELEMENTS														
001	GN: PART NOMINAL GEOMETRY ON 3D MODEL CAD FILE V21587109 AS MASTER													
002	GN: THEORETICAL DATA PER DRAWING/MODEL: V21585811													
003	GN: GENERAL TOLERANCES PER DAN11304, ACCURACY GRADE 1													
004	GN: + TEMPLATE HOLES DIA 2,5 MM													
005	GN: INSIDE CORNER RADII 9 MM													
006	GN: DRY TOP COAT COLOUR PER AIRBUS MASTER REFERENCE (GREY BAC707)													
007	GN: MISMATCH OF CUTS NOT PERMITTED.													
008	GN: LIQUID PENETRANT INSPECTION ACCORDING TO AIM6-1001 TYPE 1 SENSITIVITY LEVEL 2													

— Artículo de nivel superior

— Artículo de nivel inferior

Ilustración 101: Lista de partes de la pieza de mecanizado V2158710920400.

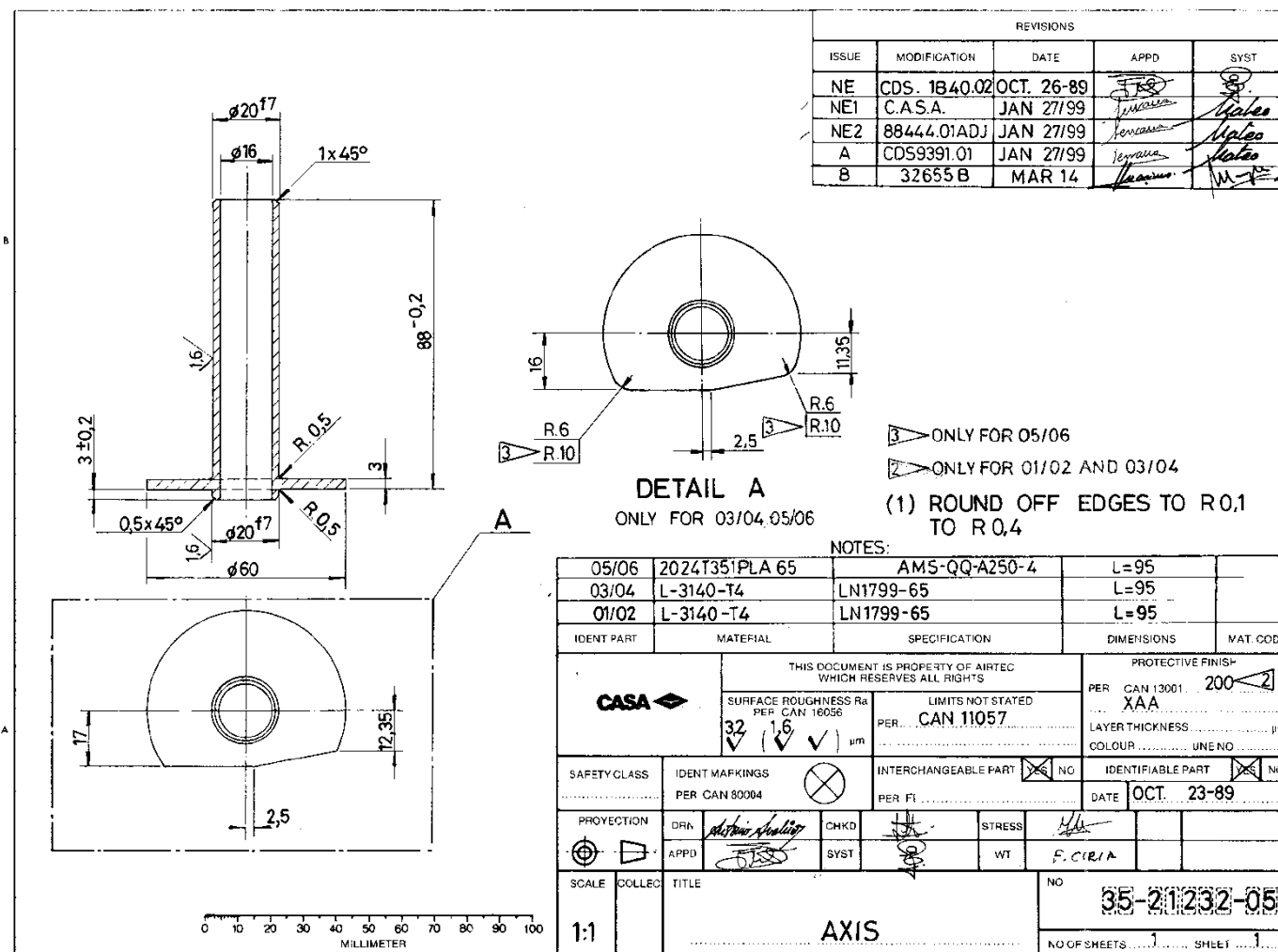


Ilustración 102: Plano del eje mecanizado 35-21232-0501.

Datos relativos a los ocho artículos empleados en la primera simulación.

Tabla 1: Lista de materiales de los cuatro artículos ficticios de montaje estudiados en la simulación 1.

Nivel	Artículo	Descripción	Cantidad
1	999-V2158351320100	ACT REAR FITTING ASSY	1 UND
└ 2	999-012U01108B-2001	Casquillo	2 UND
└ 2	999-V2158351320100-E	ACT REAR FITTING	1 UND
└ └ 3	999-11110006027	Placa de aluminio	0.25 m ²
└ └ └ 3	999TRATFINEXT000001	Tratamientos finales	1 UND
└ └ └ 2	999MONTAJE00001	Montaje	1 UND
1	999-V2158351320101	ACT REAR FITTING ASSY 1	1 UND
└ 2	999-012U01108B-2001	Casquillo	2 UND
└ 2	999-V2158351320100-E1	ACT REAR FITTING1	1 UND
└ └ 3	999-11110006027	Placa de aluminio	1 m ²
└ └ └ 3	999TRATFINEXT000001	Tratamientos finales	1 UND
└ └ └ 2	999MONTAJE00001	Montaje	1 UND
1	999-V2158351320102	ACT REAR FITTING ASSY 2	1 UND
└ 2	999-012U01108B-2001	Casquillo	2 UND
└ 2	999-V2158351320100-E2	ACT REAR FITTING 2	1 UND
└ └ 3	999-11110006027	Placa de aluminio	2.5 m ²
└ └ └ 3	999TRATFINEXT000001	Tratamientos finales	1 UND
└ └ └ 2	999MONTAJE00001	Montaje	1 UND
1	999-V2158351320103	ACT REAR FITTING ASSY 3	1 UND
└ 2	999-012U01108B-2001	Casquillo	2 UND
└ 2	999-V2158351320100-E3	ACT REAR FITTING 3	1 UND
└ └ 3	999-11110006027	Placa de aluminio	4.5 m ²
└ └ └ 3	999TRATFINEXT000001	Tratamientos finales	1 UND

L	2	999MONTAJE00001	Montaje	1 UND
---	---	-----------------	---------	-------

Tabla 2: Lista de materiales de los cuatro artículos ficticios de mecanizado estudiados en la simulación 1.

Nivel	Artículo	Descripción	Cantidad
1	999-V2158351320000	AXIS	1 UND
└ 2	999-15-5PH-ROD19	Barra de aluminio	0.15 m
L 2	999TRATFINEXT000001	Tratamientos finales	1 UND
1	999-V2158351320001	AXIS 1	1 UND
└ 2	999-15-5PH-ROD19	Barra de aluminio	1.25 m
L 2	999TRATFINEXT000001	Tratamientos finales	1 UND
1	999-V2158351320002	AXIS 2	1 UND
└ 2	999-15-5PH-ROD19	Barra de aluminio	2.8 m
L 2	999TRATFINEXT000001	Tratamientos finales	1 UND
1	999-V2158351320003	AXIS 3	1 UND
└ 2	999-15-5PH-ROD19	Barra de aluminio	5.9 m
L 2	999TRATFINEXT000001	Tratamientos finales	1 UND

Table 3: Recursos, utillajes y tiempos de los 8 artículos de mecanizado ficticios estudiados en la simulación 1.

Artículo	Recurso de mecanizado	Tiempo de preparación	Tiempo de operación	Utillaje
999-V2158351320100-E	MAQ_001	1.25 h	1.25 h	999-FRCN-60781
	MAQ_002	1.25 h	2 h	
	MAQ_003	1.25 h	2.5 h	
999-V2158351320100-E1	MAQ_002	2.75 h	6h	999-FRCN-61167
	MAQ_003			
	MAQ_004			
999-V2158351320100-E2	MAQ_003	5.75 h	18 h	AV6702106100 3MFIK-01
	MAQ_004			
	MAQ_001			
999-V2158351320100-E3	MAQ_004	7.75 h	48 h	999-FRCN-60781
	MAQ_001			
	MAQ_002			
999-V2158351320000	MAQ_001	1.25 h	1.25 h	999-FRCN-60781
	MAQ_002	1.25 h	2 h	
	MAQ_003	1.25 h	2.5 h	
999-V2158351320001	MAQ_002	2.75 h	6h	999-FRCN-61167
	MAQ_003			
	MAQ_004			
999-V2158351320002	MAQ_003	5.75 h	18 h	AV6702106100 3MFIK-01
	MAQ_004			
	MAQ_001			
999-V2158351320003	MAQ_004	7.75 h	48 h	999-FRCN-60781
	MAQ_001			
	MAQ_002			

Documentos generados en la primera simulación



OSVIMA S.A.
C/Calidad, 4 - Polígono Industrial "Los Olivos"
Tel.: 91 601 04 39
Fax: 91 682 46 35
28906 GETAFE (Madrid)
E-mail: osvima@osvima.com

PEDIDO A PROVEEDOR

1201176

Usuario: JUDIT M NIETO ORTEGO

THYSSEN KRUPP MATERIALS IBERICA
 C/ SAN MARTI S/NPOLIND. CAN ROCA
 MARTORELLES 08107

Nº PEDIDO	FECHA	CODIGO PROVEEDOR	PERSONA CONTACTO	TELEFONO	FAX
1201176	14/03/2014	P0359	0	935717400	935717474

COD. ART.	DESCRIPCION	CANTIDAD	Unid	PRECIO	DTO.	PRECIO NETO	IMPORTE	ENTREGA
999-15-SPH-ROD19	15-SPH-ROD19	12	kg	30,00	0,00	30,00	360,00	26/03/2014

FORMA DE PAGO:

- Base de caja -

SUBTOTAL		360,00
% I.V.A.		18
Importe I.V.A.		64,80
TOTAL	EUR	424,80

IMPORTANTE: - SI NO DISPONEN DE MATERIAL AVISEN URGENTEMENTE.
 LOS ALBARANES DEBEN VENIR VALORADOS CON NUESTRO NUMERO DE PEDIDO
 HAN DE CUMPLIRSE LAS NORMAS Y PROCESOS DE CALIDAD ESPECIFICADOS EN LAS OP QUE ACOMPAÑAN A LAS PIEZAS. EL PROVEEDOR ENVIARA CERTIFICADOS DE MATERIAL, TRABAJO Y TRATAMIENTO.
Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, Tomo 7.616, General 6.580 de la Sección 3ª del Libro de Sociedades, folio 156, hoja 67.826, Inscripción 1ª C.I.F. A-78549755

Ilustración 103: Pedido de materia prima de compras generado a partir de las propuestas ofrecidas por el sistema MRP.



C/Calidad, 4 - Polígono Industrial "Los Olivos"
 Telf.: 91 601 04 39
 Fax: 91 682 46 35
 28906 GETAFE (Madrid)
 E-mail: osvima@osvima.com

PEDIDO A PROVEEDOR SUBCONTRATACION

1201138

Usuario: JUDIT M NIETO ORTEGO

N.M.F. EUROPA,S.A.
 CALLE DE ANDALUCIA S/NP.I TARAZONA PARC.139-142-143
 50500 - TARAZONA

Nº PEDIDO	FECHA	Rev. Pedido	CODIGO PROVEEDOR	PERSONA CONTACTO	TELEFONO	FAX
1201138	26/03/2014		P0326		976 19 91 50	976 19 91 59

LIN	COD. ART.	REV P/N	M.Note	PN	DESCRIPCION	Nº OF:	OP	CANT	PRECIO	IMPORTE	ENTREGA
1	999TRATFINEXT000001				Tratamientos finales			50	5,00	250,00	26/03/2014

FORMA DE PAGO: 120

El suministrador deberá mantener un sistema de calidad que cumpla los requisitos generales de Osvima descritos en su procedimiento POC-06-1, excepto cuando se indique expresamente en el pedido o contrato. En particular: 1.- Derecho de acceso de Osvima S.A., sus clientes y autoridades aeronáuticas si procede a las instalaciones del suministrador. 2.- El suministrador deberá obtener autorización previa de OSVIMA S.A. para cualquier actividad de subcontratación en sus productos. *** Para materiales de Aernnova-Bombardier(PIN AV/xxx), debe cumplir además, las normas de Aernnova PCA-00-38 y Bombardier QD-4-6-40. ***The supplier shall have a quality system that could meet the requirements indicated in Osvima Procedure POC-06-01, with exception indicated on purchase order or applicable contract. In particular: 1 Access Rights of OSVIMA SA, its customers and aeronautical authorities if appropriate, to facilities of the supplier. . 2 - The supplier shall obtain prior authorization from OSVIMA SA for any sub-contracting activity in their products . ****In case of Aernnova-Bombardier Products(AV/xxx), supplier should also meet the customer procedures: Aernnova PCA-00-38 and Bombardier QD-4-6-40.

SUBTOTAL	250,00
% I.V.A	18
Importe I.V.A.	45,00
TOTAL	295,00 EUR

NOTA:

IMPORTANTE: - En caso de no disponer del material indicado para la fecha de entrega que solicitamos, rogamos nos avisen urgentemente.
 - Los albaranes deberán venir valorados y con nuestra referencia de pedido.

Ilustración 104: Pedido de subcontratación generado a partir de las propuestas ofrecidas por el sistema MRP.


 OSVIMA, S. A.	ORDEN DE PRODUCCIÓN		Pag: 1 de 7													
			Ref. Cli.:													
			Numero de Orden	112099												
	Pedido SAP:	Pedido cliente:	Manu. Note													
P/N: 999-V2158351320000	Designación: FITTING-ACT		Rev. P/N	Ind. OP												
Programa:	Atributos:	Cant. 50														
Documentación Aplicable		Útiles														
OBSERVACIONES:		Componentes <table border="1"> <thead> <tr> <th>Artículo</th> <th>Descripcion</th> <th>Cantidad</th> <th>Item</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>999-15-SPH-ROD19</td> <td>15-5PH-ROD19</td> <td>0,15</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>999TRATFINEXT0000</td> <td>Tratamientos finales</td> <td>1,00</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>			Artículo	Descripcion	Cantidad	Item	999-15-SPH-ROD19	15-5PH-ROD19	0,15	10	999TRATFINEXT0000	Tratamientos finales	1,00	20
		Artículo	Descripcion	Cantidad	Item											
		999-15-SPH-ROD19	15-5PH-ROD19	0,15	10											
999TRATFINEXT0000	Tratamientos finales	1,00	20													

Ilustración 105: Orden de producción generada a partir de las propuestas ofrecidas por el MRP.

Apéndice C – Tercera simulación

Planos y listas de partes

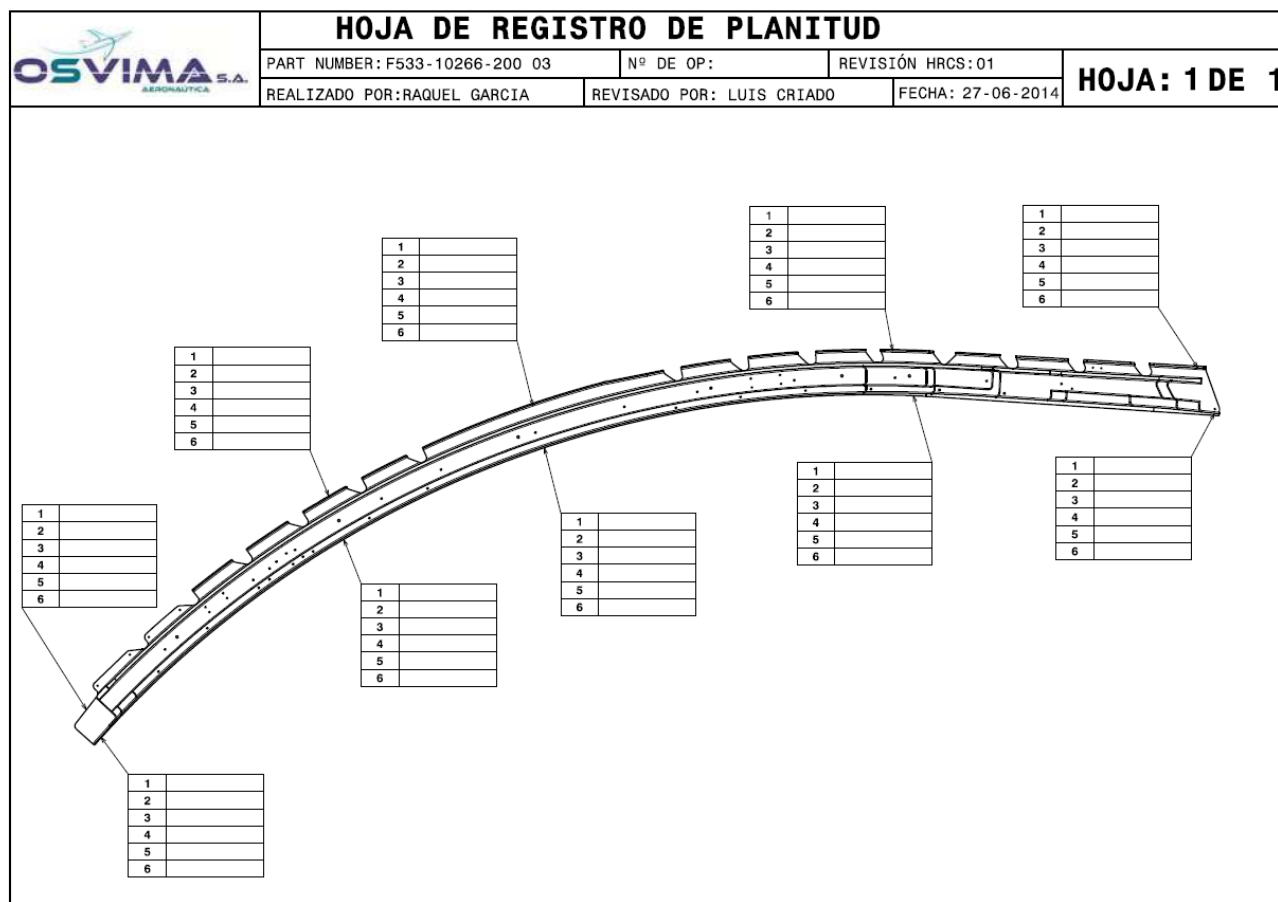


Ilustración 106: Plano de artículo de mecanizado fabricado para AIRBUS por OSVIMA F533-10266-200-03.

[illegible]

Ilustración 107: Lista de partes del artículo real empleado en la tercera simulación.

Documentos generados



C/Calidad. 4 - Polígono Industrial "Los Olivos"
Telf.: 91 601 04 39
Fax: 91 682 46 35
28906 GETAFE (Madrid)
E-mail: osvima@osvima.com

PEDIDO A PROVEEDOR SUBCONTRATACION

1201236

Usuario: Fernando García

AIRGRUP, S.L.
PARQUE TECNOLÓGICO AEROPOLIS/ RAFAEL RUBIO ELAIZ, PARCELA N° 44
41309 - LA RINCONADA - SEVILLA

Nº PEDIDO	FECHA	Rev. Pedido	CODIGO PROVEEDOR	PERSONA CONTACTO	TELEFONO	FAX
1201236	30/04/2014		P0086		954999457	954512390

LIN	COD. ART.	REV P/N	M.Note	PN	DESCRIPCION	Nº OF:	OP	CANT	PRECIO	IMPORTE	ENTREGA
1	MP-SOG-ASNA3050-889				SG 11			2	0,00	0,00	17/09/2014

FORMA DE PAGO: TRANSFERENCIA 85

El suministrador deberá mantener un sistema de calidad que cumpla los requisitos generales de Osvima descritos en su procedimiento POC-06-1, excepto cuando se indique expresamente en el pedido o contrato. En particular: 1.- Derecho de acceso de Osvima S.A., sus clientes y autoridades aeronáuticas si procede a las instalaciones del suministrador. 2.- El suministrador deberá obtener autorización previa de OSVIMA S.A. para cualquier actividad de subcontratación en sus productos. * Para materiales de Aernnova-Bombardier(PIN AV/xxx), debe cumplir además, las normas de Aernnova PCA-00-38 y Bombardier QD-4.6.40. *****The supplier shall have a quality system that could meet the requirements indicated in Osvima Procedure POC-06-01, with exception indicated on purchase order or applicable contract. In particular: 1 Access Rights of OSVIMA SA, its customers and aeronautical authorities if appropriate, to facilities of the supplier. . 2 - The supplier shall obtain prior authorization from OSVIMA SA for any subcontracting activity in their products. *****In case of Aernnova-Bombardier Products(AV/xxx), supplier should also meet the customer procedures: Aernnova PCA-00-38 and Bombardier QD-4-6-40.

SUBTOTAL	
% I.V.A.	18
Importe I.V.A.	
TOTAL 0,00	EUR

NOTA:

IMPORTANTE: - En caso de no disponer del material indicado para la fecha de entrega que solicitamos, rogamos nos avisen urgentemente.
- Los albaranes deberán venir valorados y con nuestra referencia de pedido.

Ilustración 108: Pedido de compras generado a partir de las propuestas ofrecidas por el sistema MRP.

OSVIMA S.A.
C/Calidad, 4 - Polígono Industrial "Los Olivos"
Telf.: 91 601 04 39
Fax: 91 682 46 35
28905 GETAFE (Madrid)
E-mail: osvima@osvima.com

PEDIDO A PROVEEDOR SUBCONTRATACION

1201237

Usuario: Fernando Garcia

N.M.F. EUROPA,S.A.
CALLE DE ANDALUCIA S/NP.I TARAZONA PARC.139-142-143
50500 - TARAZONA

Nº PEDIDO	FECHA	Rev. Pedido	CODIGO PROVEEDOR	PERSONA CONTACTO	TELEFONO	FAX
1201237	19/05/14		P0326		976 19 91 50	976 19 91 59

LIN	COD. ART.	REV P/N	M.Note	PN	DESCRIPCION	Nº OF:	OP	CANT	PRECIO	IMPORTE	ENTREGA
1	TRAT-00001				Tratamiento externos			6	0,00	0,00	17/09/2014

FORMA DE PAGO:

120

El suministrador deberá mantener un sistema de calidad que cumpla los requisitos generales de Osvima descritos en su procedimiento POC-06-1, excepto cuando se indique expresamente en el pedido o contrato. En particular: 1.- Derecho de acceso de Osvima S.A., sus clientes y autoridades aeronáuticas si procede a las instalaciones del suministrador. 2.- El suministrador deberá obtener autorización previa de OSVIMA S.A. para cualquier actividad de subcontratación en sus productos. * Para materiales de Aernnova-Bombardier(PIN A/xxx), debe cumplir además, las normas de Aernnova PCA-00-38 y Bombardier QD-4-6-40. ***The supplier shall have a quality system that could meet the requirements indicated in Osvima Procedure POC-06-01, with exception indicated on purchase order or applicable contract. In particular: 1.Access Rights of OSVIMA SA, its customers and aeronautical authorities if appropriate, to facilities of the supplier. 2 - The supplier shall obtain prior authorization from OSVIMA SA for any subcontracting activity in their products. ****In case of Aernnova-Bombardier Products(A/xxx), supplier should also meet the customer procedures: Aernnova PCA-00-38 and Bombardier QD-4-6-40.

SUBTOTAL	
% I.V.A	18
Importe I.V.A.	
TOTAL0,00	EUR

NOTA:

IMPORTANTE: - En caso de no disponer del material indicado para la fecha de entrega que solicitamos, rogamos nos avisen urgentemente.
- Los albaranes deberán venir valorados y con nuestra referencia de pedido.

NOTA:

IMPORTANTE: - En caso de no disponer del material indicado para la fecha de entrega que solicitamos, rogamos nos avisen urgentemente.
- Los albaranes deberán venir valorados y con nuestra referencia de pedido.

Ilustración 109: Pedido de subcontratación generado a partir de las propuestas ofrecidas por el sistema MRP.



	ORDEN DE PRODUCCIÓN		Pag: 1 de 4	
			Ref. Cli.:	
			Numero de Orden	112113
	Pedido SAP:	Pedido cliente:	Manu. Note	
P/N: F533-10266-200-03	Designación: LH FRAME 46		Rev. P/N	Ind. OP
Programa:	Atributos:	Cant. 6		
Documentación Aplicable		Útiles		
Normas Aplicables		Componentes		
		Artículo	Descripcion	Cantidad Item
		MP-SOG-ASNA3050-S	SG 11	0,48 10
		TRAT-00001	Tratamiento externos	1,00 20
OBSERVACIONES:				

Ilustración 110: Orden de producción generada a partir de las propuestas ofrecidas por el MRP.

Programación de los recursos e informa de carga

Ocupación AUX_01						
Orden	Posición	OP.	Recurso	Desde	un	Hora Hr
112089	10	20	AUX_01	31/01/14 14:17	31/01/14 15:47	1,50
201405						1,5
112090	10	20	AUX_01	11/02/14 10:30	11/02/14 16:30	6,00
112088	10	20	AUX_01	11/02/14 12:15	11/02/14 14:45	2,50
112095	10	20	AUX_01	13/02/14 13:20	13/02/14 15:20	2,00
201407						10,5
112099	10	20	AUX_01	17/02/14 09:45	17/02/14 16:30	6,75
112099	10	20	AUX_01	18/02/14 07:30	18/02/14 16:30	9,00
112091	10	20	AUX_01	18/02/14 13:30	18/02/14 16:30	3,00
112091	10	20	AUX_01	19/02/14 07:30	19/02/14 16:30	9,00
112099	10	20	AUX_01	19/02/14 07:30	19/02/14 16:30	9,00
112099	10	20	AUX_01	20/02/14 07:30	20/02/14 07:45	0,25
112087	10	20	AUX_01	20/02/14 13:15	20/02/14 14:15	1,00
112086	10	20	AUX_01	21/02/14 16:00	21/02/14 16:30	0,50
201408						38,5
112096	10	20	AUX_01	14/03/14 15:00	14/03/14 19:00	4,00
112100	10	20	AUX_01	14/03/14 16:00	14/03/14 19:00	3,00
201411						7,0
112097	10	20	AUX_01	25/04/14 18:15	25/04/14 19:00	0,75
112097	10	20	AUX_01	28/04/14 08:00	28/04/14 16:22	8,25
112093	10	20	AUX_01	29/04/14 12:34	29/04/14 16:34	4,00
201418						13,0
112092	10	20	AUX_01	30/04/14 17:58	30/04/14 19:00	1,03
112092	10	20	AUX_01	05/05/14 08:00	05/05/14 19:00	8,25
112092	10	20	AUX_01	06/05/14 08:00	06/05/14 19:00	8,25
112092	10	20	AUX_01	07/05/14 08:00	07/05/14 08:28	0,47
201419						18,0
112115	10	20	AUX_01	20/05/14 18:00	20/05/14 19:00	1,00
201421						1,0
112104	10	20	AUX_01	03/06/14 18:52	03/06/14 19:00	0,13
112104	10	20	AUX_01	04/06/14 08:00	04/06/14 08:52	0,87
112085	10	20	AUX_01	04/06/14 14:14	04/06/14 17:44	3,50
112106	10	20	AUX_01	05/06/14 16:30	05/06/14 19:00	2,50
112110	10	20	AUX_01	06/06/14 14:00	06/06/14 19:00	5,00
201423						12,0
112109	10	20	AUX_01	10/06/14 11:52	10/06/14 15:22	3,50
201424						3,5
112097	10	20	AUX_01	25/04/14 18:15	25/04/14 19:00	0,75
112097	10	20	AUX_01	28/04/14 08:00	28/04/14 16:22	8,25
112093	10	20	AUX_01	29/04/14 12:34	29/04/14 16:34	4,00
201418						13,0
112092	10	20	AUX_01	30/04/14 17:58	30/04/14 19:00	1,03
112092	10	20	AUX_01	05/05/14 08:00	05/05/14 19:00	8,25
112092	10	20	AUX_01	06/05/14 08:00	06/05/14 19:00	8,25
112092	10	20	AUX_01	07/05/14 08:00	07/05/14 08:28	0,47
201419						18,0
112115	10	20	AUX_01	20/05/14 18:00	20/05/14 19:00	1,00
201421						1,0
112104	10	20	AUX_01	03/06/14 18:52	03/06/14 19:00	0,13
112104	10	20	AUX_01	04/06/14 08:00	04/06/14 08:52	0,87
112085	10	20	AUX_01	04/06/14 14:14	04/06/14 17:44	3,50
112106	10	20	AUX_01	05/06/14 16:30	05/06/14 19:00	2,50
112110	10	20	AUX_01	06/06/14 14:00	06/06/14 19:00	5,00
201423						12,0
112109	10	20	AUX_01	10/06/14 11:52	10/06/14 15:22	3,50
201424						3,5
112094	10	20	AUX_01	24/06/14 13:00	24/06/14 19:00	6,00
201426						6,0
112103	10	20	AUX_01	01/07/14 12:53	01/07/14 18:53	6,00
112108	10	20	AUX_01	04/07/14 11:30	04/07/14 19:00	7,50
201427						13,5
112101	10	20	AUX_01	08/07/14 18:15	08/07/14 19:00	0,75
112107	10	20	AUX_01	08/07/14 18:56	08/07/14 19:00	0,07
112107	10	20	AUX_01	09/07/14 08:00	09/07/14 19:00	8,25
112101	10	20	AUX_01	09/07/14 08:00	09/07/14 16:33	8,25
112098	10	20	AUX_01	09/07/14 11:28	09/07/14 19:00	7,53
112098	10	20	AUX_01	10/07/14 08:00	10/07/14 12:28	4,47
112107	10	20	AUX_01	10/07/14 08:00	10/07/14 09:41	1,68
201428						31,0
112117	20	25	AUX_01	02/12/14 09:02	02/12/14 09:32	0,50
201449						0,5
112118	20	25	AUX_01	12/12/14 18:30	12/12/14 19:00	0,50
201450						0,5
Total						156,5
Final						

Ilustración 111: Informe de ocupación del recurso Sierra de corte.

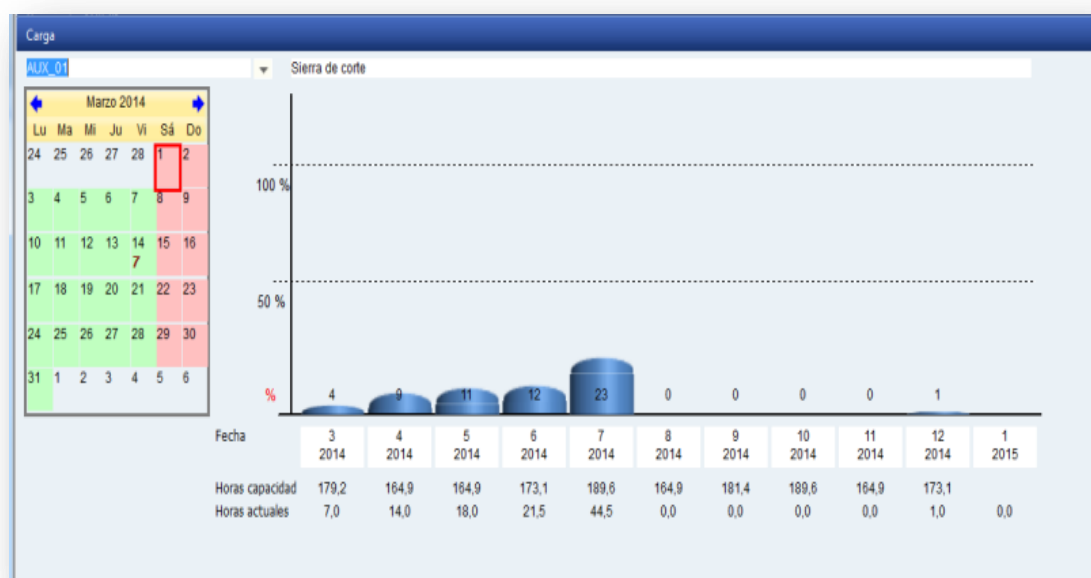


Ilustración 112: Informe de carga del recurso Sierra de Corte.